

中华人民共和国国家标准

GB 11032—2010
代替 GB 11032—2000

交流无间隙金属氧化物避雷器

Metal-oxide surge arresters without gaps for a. c. systems

(IEC 60099-4:2006, MOD)

2010-09-02 发布

2011-08-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 标志及分类	9
4.1 避雷器标志	9
4.2 避雷器分类	10
5 标准额定值和运行条件	10
5.1 标准额定电压	10
5.2 标准额定频率	11
5.3 标准标称放电电流	11
5.4 运行条件	11
6 技术要求	11
6.1 避雷器外套的绝缘耐受	11
6.2 参考电压	12
6.3 残压	12
6.4 内部局部放电	12
6.5 避雷器的密封性能	12
6.6 多柱避雷器的电流分布	12
6.7 热稳定性	12
6.8 长持续时间电流冲击耐受	12
6.9 动作负载	13
6.10 避雷器工频电压耐受时间特性	14
6.11 短路试验	14
6.12 脱离器	15
6.13 避雷器附件的要求	15
6.14 避雷器的机械负载	15
6.15 电磁兼容性	16
6.16 寿命的终结	16
6.17 雷电冲击放电能力	16
6.18 避雷器的持续电流	16
6.19 0.75 倍直流参考电压下漏电流	16
6.20 大电流冲击耐受	16
6.21 避雷器的耐污秽性能	16
6.22 避雷器的包装、运输和保管	16
7 试验要求	16
7.1 测量设备及准确度	16
7.2 试验样品	17

8	型式试验(设计试验)	17
8.1	总则	17
8.2	避雷器外套的绝缘耐受试验	17
8.3	残压试验	20
8.4	长持续时间冲击电流耐受试验	22
8.5	动作负载试验	24
8.6	避雷器脱离器/故障指示器的试验	31
8.7	短路试验	32
8.8	内部局部放电试验	40
8.9	弯曲负荷试验	40
8.10	环境试验	41
8.11	密封泄漏试验	42
8.12	无线电干扰电压(RIV)试验	42
8.13	人工污秽试验	43
8.14	持续电流试验	43
8.15	工频参考电压试验	43
8.16	直流参考电压试验	43
8.17	0.75倍直流参考电压下漏电流试验	43
8.18	多柱避雷器电流分布试验	43
8.19	大电流冲击耐受试验	44
9	例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验	44
9.1	例行试验	44
9.2	验收试验	44
9.3	定期试验	45
9.4	抽样试验	46
10	复合外套避雷器	46
10.1	范围	46
10.2	规范性引用文件	46
10.3	术语及定义	46
10.4	标志及分类	46
10.5	标准额定值和运行条件	47
10.6	技术要求	47
10.7	试验要求	47
10.8	型式试验(设计试验)	47
10.9	例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验	62
11	气体绝缘金属封闭避雷器(GIS—避雷器)	63
11.1	范围	63
11.2	规范性引用文件	63
11.3	术语及定义	63
11.4	标志及分类	64
11.5	标准额定值和运行条件	64
11.6	技术要求	64
11.7	试验要求	66

11.8	型式试验(设计试验)	66
11.9	例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验	71
11.10	现场安装后的试验	71
12	分离型及外壳不带电型避雷器	72
12.1	范围	72
12.2	规范性引用文件	72
12.3	术语及定义	72
12.4	标志及分类	72
12.5	标准额定值和运行条件	72
12.6	技术要求	72
12.7	试验要求	72
12.8	型式试验(设计试验)	72
12.9	例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验	77
13	液浸式避雷器	77
13.1	范围	77
13.2	规范性引用文件	77
13.3	术语及定义	77
13.4	标志及分类	77
13.5	标准额定值和运行条件	77
13.6	技术要求	77
13.7	试验要求	78
13.8	型式试验(设计试验)	78
13.9	例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验	83
附录 A (规范性附录)	异常运行条件	84
附录 B (规范性附录)	验证整只避雷器和避雷器比例单元间的热等价性试验	85
附录 C (规范性附录)	电压范围 1 kV~52 kV 强雷电负载避雷器的要求	86
附录 D (规范性附录)	验证避雷器工频电压耐受时间特性试验程序	88
附录 E (资料性附录)	线路放电等级的选用导则	90
附录 F (规范性附录)	瓷外套多元件金属氧化物避雷器热应力的人工污秽试验	92
F.1	术语	92
F.2	总则	92
F.3	地区污秽度的分级	93
F.4	预热试验;预热常数 τ 的测量和 β 的计算	95
F.5	验证进行污秽试验的必要性	95
F.6	污秽试验的一般要求	95
F.7	试验程序	97
F.8	试验结果的评估	99
F.9	示例	100
附录 G (资料性附录)	询价和投标应提供的典型信息	103
G.1	询价应提供的信息	103
G.2	招标应提供的信息	104
附录 H (资料性附录)	大电流冲击动作负载试验的典型回路	105
附录 I (资料性附录)	长持续时间冲击电流耐受试验用的一种分布常数发生器的典型回路	106

附录 J (规范性附录) 典型的最大残压	107
附录 K (资料性附录) 高温下老化试验程序——阿仑纽斯定律	112
附录 L (资料性附录) 确定金属氧化物避雷器的电位分布导则	113
L.1 总则	113
L.2 避雷器模型	113
L.3 边界条件模型	113
L.4 计算程序	114
L.5 计算的实例	114
附录 M (规范性附录) 机械试验	119
M.1 弯矩试验	119
M.2 地震试验	120
M.3 机械负荷的定义	120
M.4 密封漏率的定义	120
M.5 风弯矩的计算	121
附录 N (规范性附录) 确定雷电冲击放电能力的试验程序	123
N.1 总则	123
N.2 试品的选择	123
N.3 试验程序	123
N.4 雷电冲击放电能力试验的试验参数	123
N.5 雷电冲击放电能力试验期间的测量	124
N.6 额定雷电冲击放电能力	124
N.7 额定比能量值列表	124
N.8 额定电荷量列表	124
附录 O (资料性附录) 人工污秽试验方法	125
O.1 污秽等级划分	125
O.2 试验	125
O.3 试验评价	126
附录 P (资料性附录) 包装、运输及保管	127
P.1 包装	127
P.2 随产品提供的技术文件	127
P.3 运输和保管	127
附录 Q (资料性附录) 本标准与 IEC 60099-4:2006 的主要技术差异及其原因	128
附录 R (资料性附录) 本标准与 IEC 60099-4:2006 的章条编号对照	135

前 言

本标准的全部技术内容为强制性。

本标准修改采用 IEC 60099-4:2006《交流无间隙金属氧化物避雷器》(英文版)。

本标准的技术内容和文本结构与 IEC 60099-4:2006 相同。

考虑到我国避雷器的应用情况,在采用 IEC 60099-4:2006 时,本标准做了少量补充。有关技术性差异已编入正文并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。

对 IEC 60099-4:2006,本标准主要修改如下:

- 删除 IEC 60099-4:2006 的前言、引言;
- 在标准的附录 J 中,根据我国具体情况增列了表 J3~J10 典型避雷器特性参数,将附录 J 改为规范性附录;
- 增补了我国国内习惯使用,而 IEC 60099-4:2006 未包含的技术内容,如:直流参考电压,0.75 倍直流参考电压下泄漏电流试验、检验方法;
- 在规范性引用文件中,用我国标准代替了相应的国际标准,并增加了 GB/T 775.1—2000、GB/T 775.3—2006、JB/T 7618—1994 和 JB/T 9673—1994。

本标准代替 GB 11032—2000《交流无间隙金属氧化物避雷器》。

本标准与 GB 11032—2000 相比较,除保留了瓷外套避雷器的性能要求和试验要求外,增加了复合外套避雷器、气体绝缘金属封闭避雷器(GIS—避雷器)、分离型避雷器、外壳不带电型避雷器以及液浸式避雷器的性能要求和试验要求。本标准实施后,相应的 GB 11032—2000《交流无间隙金属氧化物避雷器》,同时废止。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 F、附录 J、附录 M、附录 N 为规范性附录;

本标准的附录 E、附录 G、附录 H、附录 I、附录 K、附录 L、附录 O、附录 P、附录 Q、附录 S 为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国避雷器标准化技术委员会(SAC/TC 81)归口。

本标准主要起草单位:西安电瓷研究所、国网电力科学研究院、中国电力科学研究院。

本标准参与起草单位:西安交通大学、西安高压电器研究所有限公司、国家绝缘子避雷器质量监督检验中心、西安西电避雷器有限责任公司、抚顺电瓷制造有限公司、南阳金冠电气有限公司、深圳市银星电力电子有限公司、温州益坤电气有限公司。

本标准主要起草人:朱斌、王保山、李启盛、郭洁、何计谋、王建生、李凡、王维州、张翠霞、祝嘉喜、王新霞、苟雅江、余明宣、王利民、徐学亭、伍本才、龚正全。

本标准历次版本发布情况:

- GB 11032—1989;GB 11032—2000。

交流无间隙金属氧化物避雷器

1 范围

本标准适用于为限制交流电力系统过电压而设计的无间隙金属氧化物避雷器(以下简称避雷器)。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款,凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

- GB/T 191—2000 包装储运图示标志(eqv ISO 780:1997)
- GB 311.1—1997 高压输变电设备的绝缘配合(neq IEC 60071-1:1993)
- GB/T 311.2—2002 绝缘配合 第2部分:高压输变电设备的绝缘配合使用导则(eqv IEC 60071-2:1996)
- GB/T 775.1—2000 绝缘子试验方法 第1部分:一般试验方法
- GB/T 775.3—2006 绝缘子试验方法 第3部分:机械试验方法
- GB/T 2423.17—1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ka:盐雾试验方法(eqv IEC 68-2-11:1981)
- GB/T 2423.22—2002 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 N:温度变化(IEC 60068-2-14:1984, IDT)
- GB/T 2900.12—2008 电工名词术语 避雷器、低压电涌保护器及元件
- GB/T 2900.19—1994 电工名词术语 高电压试验技术和绝缘配合
- GB 3906—2006 3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备(IEC 62271-200:2003, MOD)
- GB/T 4585—2004 交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验(IEC 60507:1991, IDT)
- GB/T 6553—2003 评定在严酷环境下使用的电气绝缘材料耐电痕化和蚀损的试验方法(IEC 60587:1984, IDT)
- GB/T 7354—2003 局部放电测量(IEC 60270:2000, IDT)
- GB 7674—1997 额定电压 72.5 kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备(IEC 60517:1990, MOD)
- GB/T 8905—1996 六氟化硫电气设备中气体管理和检测导则(IEC 60480:1974, neq; IEC 60376:1971, neq)
- GB/T 11023—1989 高压开关设备六氟化硫气体密封试验导则
- GB/T 16927.1—1997 高电压试验技术 第1部分:一般试验要求(eqv IEC 60060-1:1989)
- GB/T 16927.2—1997 高电压试验技术 第2部分:测量系统(eqv IEC 60060-2:1994)
- GB/T 17467—1998 高压/低压预装式变电站(eqv IEC 61330:1995)
- GB/T 19519—2004 标称电压高于 1 000 V 的交流架空线用复合绝缘子——定义,试验方法及验收准则(IEC 61109:1992, MOD)
- IEC 60068-2-42:2003 环境试验 第2-42部分:试验 试验 Kc:对接触及连接的二氧化硫试验
- IEC 60815:1986 在污秽条件下的绝缘子的选择指南
- IEC 61166:1993 交流高压断路器 高压交流断路器的地震条件

CISPR 16-1:1999 无线电干扰及抗干扰测量仪器及方法的规范 第1部分:无线电干扰及抗干扰测量仪器

CISPR 18-2:1986 架空动力线及高电压设备的无线电干扰设备 第2部分:为了确定极限值的测量方法及程序

JB/T 7618—1994 避雷器密封试验 浸泡法

JB/T 9673—1999 绝缘子 产品包装

3 术语和定义

本标准采用下列术语和定义。

本标准所用术语,除按标准规定外,其余应符合 GB/T 2900.12—2008 及 GB/T 2900.19—1994 的规定。

3.1

无间隙金属氧化物避雷器 metal-oxide surge arrester without gaps

由非线性金属氧化物电阻片串联和(或)并联组成且无并联或串联放电间隙的避雷器。

3.2

非线性金属氧化物电阻片 non-linear metal-oxide resistor

避雷器的部件。由于其具有非线性伏安特性,在过电压时呈低电阻,从而限制避雷器端子间的过电压,而在正常工频电压下呈现高电阻(非线性金属氧化物电阻片,以下简称电阻片)。

3.3

避雷器内部均压系统 internal grading system of an arrester

并联于一片或一组电阻片上的均压阻抗,主要是均压电容器,以控制沿电阻片柱的电压分布。

3.4

避雷器均压环 grading ring of an arrester

一种金属部件,通常是圆环形,用以改善静电场下避雷器的电压分布。

3.5

避雷器比例单元 section of an arrester

一个完整的、组装好的避雷器部件。对某种特定试验,该部件必须代表整只避雷器的特性。避雷器比例单元不一定是避雷器元件。

3.6

避雷器元件 unit of an arrester

一个完全封装好的避雷器部件。可与其他元件串联和(或)并联,构成更高额定电压和(或)更高标称放电电流等级的避雷器。避雷器元件不一定是避雷器比例单元。

3.7

避雷器压力释放装置 pressure-relief device of an arrester

用于释放避雷器内部压力的装置,防止外套由于避雷器长时间流过故障电流或避雷器内部闪络而发生爆炸。

3.8

避雷器额定电压 rated voltage of an arrester

U_r

施加到避雷器端子间的最大允许工频电压有效值,按照此电压所设计的避雷器,能在所规定的动作负载试验(见 8.5)中确定的暂时过电压下正确地工作。

注1:额定电压是表明避雷器规定运行特性的一个重要参考参数。

注2:本标准定义的额定电压就是在动作负载试验中,在大电流或长持续时间冲击电流之后施加的 10 s 工频电压。

在 IEC 60099-1 以及某些国家标准中,用来确定电压额定值的试验包括在施加工频电压的情况下同时施加多次标称电流冲击。注意,用来确定电压额定值这两种方法不必要得出等价值(这种偏差的解决办法正在考虑中)。

3.9

避雷器的持续运行电压 continuous operating voltage of an arrester

U_c

允许持久地施加在避雷器端子间的工频电压有效值(见 8.5)。

3.10

避雷器的额定频率 rated frequency of an arrester

避雷器设计使用的电力系统的频率。

3.11

破坏性放电 disruptive discharge

绝缘在电负荷下破坏而发生的现象,包括电压突降和电流导通。

注1:本术语用于固体、液体、气体介质或其组合体的电击穿。

注2:在固体介质中破坏性放电造成电气强度永久性丧失,而在液体或气体介质中电气强度之丧失可能是暂时的。

3.12

击穿 puncture; breakdown

穿过固体介质的破坏性放电。

3.13

闪络 flashover

在固体表面上的破坏性放电。

3.14

冲击 impulse

一种无明显振荡的单极性的电压或电流波,它迅速上升到最大值,然后通常缓慢地下降到零,即使带有反极性振荡,其幅值也很小。

注:定义冲击电流和冲击电压的参数是:极性、峰值、波前时间和波尾半峰值时间。

3.15

冲击波形的表示 designation of an impulse shape

两数值的组合,第一个数值表示视在波前时间 T_1 ,第二个数值表示视在波尾半峰值的时间 T_2 。

注:写作 T_1/T_2 ,时间单位均为 μs ,符号“/”无数学意义。

3.16

陡波冲击电流 steep current impulse

视在波前时间为 $1\ \mu\text{s}$ 的一种冲击电流。因设备调整的限制,实测值为 $0.9\ \mu\text{s}\sim 1.1\ \mu\text{s}$ 。视在波尾半峰值时间不应大于 $20\ \mu\text{s}$ 。

注:波尾半峰值时间不是重要的,在残压型式试验时可有任意偏差(见 8.3)。

3.17

雷电冲击电流 lightning current impulse

一种 8/20 波形冲击电流。因设备调整的限制,视在波前时间的实测值为 $7\ \mu\text{s}\sim 9\ \mu\text{s}$ 波尾视在半峰值时间为 $18\ \mu\text{s}\sim 22\ \mu\text{s}$ 。

注:在残压型式试验时,波尾半峰值时间不是重要的,可有任意偏差(见 8.3)。

3.18

长持续时间冲击电流 long-duration current impulse

一种方波冲击电流,其迅速上升到最大值,在规定时间内大体保持恒定,然后迅速降至零值的冲击波。

注:定义方波冲击电流的参数为:极性、峰值、峰值视在持续时间和总的视在持续时间。

3.19

冲击峰值 peak (crest) value of an impulse

冲击电压或冲击电流最大值。

注：叠加的振荡可以忽略(见 8.4.2c)和 8.5.4.2e)。

3.20

冲击波前 front of an impulse

冲击波峰值以前的部分。

3.21

冲击波尾 tail of an impulse

冲击波峰值以后的部分。

3.22

冲击波的视在原点 virtual origin of an impulse

在电压对时间或电流对时间的曲线上,通过冲击波前上两个参考点所画直线与零值电压或零值电流的时间轴相交所确定的点。

注 1: 对于冲击电流,两个参考点为峰值的 10%及 90%。

注 2: 此定义仅适用于纵坐标和横坐标尺寸为线性标度时。

注 3: 如果存在波前振荡时,10%和 90%的参考点应在通过振荡的平均曲线上取值。

3.23

冲击电流视在波前时间 virtual front time of a current impulse

T_1

以微秒表示的时间,其值等于电流峰值的 10%增加到电流峰值的 90%所需时间的 1.25 倍。

注: 如果在波前上有振荡,在 10%和 90%的两个参考点应在通过振荡的平均曲线上取值。

3.24

冲击波前的视在陡度 virtual steepness of the front of an impulse

冲击波峰值与视在波前时间之商。

3.25

冲击波尾半峰值的视在时间 virtual time to half-value on the tail of an impulse

T_2

视在零点与电压或电流降至峰值一半的时间间隔,该时间用微秒表示。

3.26

方波冲击的视在峰值持续时间 virtual duration of the peak of a rectangular impulse

冲击波幅值大于其峰值 90%的时间。

3.27

方波冲击的视在总持续时间 virtual total duration of a rectangular impulse

冲击波幅值大于其峰值 10%的时间。

注: 如在波前出现有小振荡时,应画出平均曲线以确定达到 10%的时间。

3.28

冲击波反极性峰值 peak (crest) value of opposite polarity of an impulse

冲击电压或电流波在达到永久零值前,在零值附近振荡时反极性最大幅值。

3.29

避雷器的放电电流 discharge current of an arrester

避雷器动作时通过避雷器的冲击电流。

3.30

避雷器的标称放电电流 **nominal discharge current of an arrester**

I_n

用来划分避雷器等级的、具有 8/20 波形的雷电冲击电流峰值。

3.31

避雷器的大电流冲击 **high current impulse of an arrester**

冲击波形为 4/10 的放电电流峰值,用于试验避雷器在直击雷时的稳定性。

3.32

避雷器的操作电流冲击 **switching current impulse of an arrester**

视在波前时间大于 30 μs 但小于 100 μs ,视在波尾半峰值时间约为视在波前时间 2 倍的放电电流峰值。

3.33

避雷器的持续电流 **continuous current of an arrester**

施加持续运行电压时流过避雷器的电流。

注 1: 持续电流由阻性和容性分量组成,随温度、杂散电容和外部污秽影响而变化。因此试品持续电流可不同于整只避雷器的持续电流。

注 2: 为了比较,持续电流可用有效值或峰值表示。

3.34

避雷器的参考电流 **reference current of an arrester**

3.34.1

避雷器的工频参考电流 **power-frequency reference current of an arrester**

用于确定避雷器工频参考电压的工频电流阻性分量的峰值(如果电流是非对称的,取两个极性中较高的峰值)。

注 1: 工频参考电流应足够大,使杂散电容对所测避雷器元件(包括设计的均压系统)的参考电压的影响可以忽略,该值由制造厂规定。

注 2: 工频参考电流取决于避雷器的标称放电电流及(或)线路放电等级。对单柱避雷器,参考电流值的典型范围为每平方厘米电阻片面积 0.05 mA~1.0 mA。

3.34.2

避雷器的直流参考电流 **DC reference current of an arrester**

用于确定避雷器直流参考电压的直流电流平均值。

注: 避雷器直流参考电流通常取 1 mA~5 mA。

3.35

避雷器的参考电压 **reference voltage of an arrester**

U_{ref}

参考电压分为工频参考电压($U_{\text{a.c.ref}}$)和直流参考电压($U_{\text{d.c.ref}}$)。

3.35.1

避雷器的工频参考电压 **power-frequency reference voltage of an arrester**

$U_{\text{a.c.ref}}$

在避雷器通过工频参考电流时测出的避雷器的工频电压峰值除以 $\sqrt{2}$ 。

注 1: 多元件串联组成的避雷器的电压是每个元件工频参考电压之和。

注 2: 测量工频参考电压对动作负载试验中正确选择试品是必需的。

3.35.2

避雷器的直流参考电压 **DC reference voltage of an arrester**

$U_{\text{d.c.ref}}$

在避雷器通过直流参考电流时测出的避雷器的直流电压平均值。如果电压与极性有关,取低值。

注:测量直流参考电压对动作负载试验中正确选择试品是必需的。

3.36

避雷器的残压 residual voltage of an arrester

U_{res}

放电电流通过避雷器时其端子间的最大电压峰值。

注:在某些国家称作“放电电压”。

3.37

避雷器的工频电压耐受时间特性 power-frequency withstand voltage versus time characteristic of an arrester

在规定条件(见 6.10)下,对避雷器施加不同的工频电压,避雷器不损坏,不发生热崩溃时所对应的最大持续时间的关系曲线。

3.38

回路预期电流 prospective current of a circuit

在回路给定试品安装的位置,用可忽略阻抗的导体短接时,在该导体上流过的电流。

3.39

避雷器的保护特性 protective characteristics of an arrester

由以下各项组合:

a) 陡波电流冲击下残压(见 8.3.1);

b) 雷电冲击电流下残压(见 8.3.2);

注1:避雷器的雷电电流保护水平是在标称放电电流下的最大残压。

c) 操作冲击电流下残压(见 8.3.3)。

注2:避雷器的操作冲击保护水平是在规定的操作冲击电流下的最大残压。

3.40

避雷器的热崩溃 thermal runaway of an arrester

“热崩溃”是描述当避雷器承受的持续功率损耗超过外套和连接件的散热能力而引起电阻片的温度累积升高,最终导致避雷器损坏的状况。

3.41

避雷器的热稳定 thermal stability of an arrester

如果避雷器在动作负载试验引起温度上升后,在规定的条件下对电阻片元件施加规定的持续运行电压,电阻片的温度能随时间而降低,则称此避雷器是热稳定的。

3.42

避雷器脱离器 arrester disconnecter

避雷器故障时,使避雷器与系统断开的装置。用于防止系统持续故障,并给出可见标识。

注:脱离器脱离时切断流经避雷器的故障电流通常不是该装置的功能。

3.43

型式试验 type tests

设计试验 design tests

完成一种新的避雷器设计开发时所做的试验,以确定代表性的性能,并证明符合有关标准。

注:做了这些试验,无需重做,除非设计改变而改变其性能时,这时,只需重做有关项目试验。

3.44

例行试验 routine tests

按要求对每只避雷器或部件和材料进行的试验,以保证产品符合设计规范。

3.45

验收试验 acceptance tests

经供需双方协商,对订购的避雷器或代表性试品所做的试验。

3.46

外套及伞裙 housing and sheds

3.46.1

外套 housing

避雷器的外部绝缘部件,提供必需的爬电距离并保护内部部件不受环境影响。

注:外套可由几个部件组成,用以提供机械强度并保护内部部件不受环境影响。

3.46.2

伞裙 shed

外套伸出的绝缘部分,用以增加爬电距离。

3.47

复合外套避雷器 polymer housed surge arrester

注:见 3.60。

3.48

故障指示器 fault indicator

避雷器故障时提供指示的一种装置,但它不能将避雷器从系统脱离。

3.49

电气元件 electrical unit

避雷器的一部分,元件的每一端都与暴露在外部环境中的电极相连接。

注:电气元件等同于 3.6 定义的“避雷器元件”。

3.50

机械元件 mechanical unit

避雷器的一部分,元件中的电阻片都被机械固定防止轴向位移。

3.51

气体绝缘金属封闭避雷器 gas-insulated metal enclosed surge arrester**GIS—避雷器 GIS-arrester**

气体绝缘金属封闭金属氧化物避雷器,内部没有任何串联或并联放电间隙,并充以不同与空气的气体。

注 1: 气体压力通常超过 1 bar=10⁵ Pa。

注 2: 该避雷器用于气体绝缘开关装置中。

3.52

分离型避雷器 arrester-separable type**分离式避雷器 separable arrester**

避雷器装在一个绝缘的或屏蔽的外套内,该外套提供系统绝缘。通过滑动接触或螺栓装置实现电气连接,该避雷器安装在一个封闭壳体中以保护配电设备及系统。所有分离式避雷器都是不带电插拔式避雷器。

注:分离式避雷器通常用在欧洲。

3.53

外壳不带电型避雷器 arrester dead-front type**外壳不带电式避雷器 dead-front arrester**

避雷器装在屏蔽外套内,该外套提供系统绝缘并屏蔽接地。该避雷器安装在一封闭壳体用于保护

地下且有托架的配电设备及回路。

注1: 大部分外壳不带电型避雷器是带电插拔式避雷器。

注2: 外壳不带电型避雷器通常用在美国。

3.54

不带电插拔避雷器 **dead-break arrester**

只有在回路不带电时,才能和回路连接和断开的避雷器。

3.55

带电插拔避雷器 **load-break arrester**

能够在回路带电时连接和断开的避雷器。

3.56

液浸型避雷器 **arrester liquid-immersed type**

液浸式避雷器 **liquid-immersed arrester**

浸在绝缘液体中的避雷器。

3.57

液浸型避雷器的故障-开路电流额定值 **fail-open current rating for liquid-immersed arrester**

避雷器的宣称值,故障电流水平高于该值时,故障时可发展为开路。

3.58

液浸型避雷器的故障-短路电流额定值 **fail-short current rating for liquid-immersed arrester**

避雷器的宣称值,故障电流水平低于该值时,故障时可发展为短路。

注: 定义 3.57 及 3.58 是初步的,可能增加更多的内容。

3.59

瓷套避雷器 **porcelain-housed arrester**

用瓷做外套材料,并带有附件及密封系统的避雷器。

3.60

复合外套避雷器 **polymer-housed arrester**

用聚合和合成材料做外套,并带有附件的避雷器。

注: 具有一定封闭气体容积的设计是可能的。密封可用复合材料本身或独立的密封系统来实现。

3.61

弯矩 **bending moment**

施加在避雷器外套上的水平力乘以避雷器外套安装基座(法兰的下平面)与施力点之间的垂直距离。

3.62

端子水平拉力 **terminal line force**

垂直于避雷器的纵轴,在避雷器中心线测量所得的力。

3.63

扭转负荷 **torsional loading**

没有施加在避雷器纵轴上,作用在垂直安装避雷器外套顶端的水平力。

3.64

破坏负荷 **breaking load**

垂直作用于瓷外套避雷器的纵轴上,导致避雷器外套机械破坏的力。

3.65

破坏极限 **damage limit**

垂直作用在复合外套避雷器的纵轴上,导致避雷器外套机械损坏的最低值。

3.66

最大允许工作负荷 maximum permissible service load

MPSL

在运行期间,允许垂直施加在复合外套避雷器的纵轴上,不会导致任何机械损坏的最大力。

3.67

最大允许动态工作负荷 maximum permissible dynamic service load

MPDSL

在运行期间,允许短时间垂直施加在瓷外套避雷器的纵轴上,而不会导致避雷器任何机械损伤的最大力(例如短路电流电动力,地震应力)。

3.68

允许静态工作负荷 permissible static service load

PSSL

在运行期间,允许持久垂直施加在瓷外壳避雷器的纵轴上而不会导致避雷器任何机械损伤的力。

3.69

内部零件 internal parts

带有支撑结构的金属氧化物电阻片元件。

3.70

密封(气、水密封性) seal (gas/watertightness)

避免对电气和(或)机械性能有影响的物质进入避雷器内部的能力。

3.71

0.75 倍直流参考电压下漏电流 leak current at 0.75 $U_{d.c.ref}$

在 0.75 倍直流参考电压下流过避雷器的漏电流。

3.72

定期试验 periodic test

制造厂在特殊情况下或规定的年限内而进行的产品质量监督试验。

3.73

抽样试验 sample test

对产品主要元件,按批次以一定比例抽取试品进行抽样检查以控制产品质量的试验。

4 标志及分类

4.1 避雷器标志

金属氧化物避雷器应以下述最少资料永久地标志在避雷器的铭牌上:

——持续运行电压;

——额定电压;

——直流 1 mA 参考电压;

——额定频率(如避雷器额定频率与 5.2 的频率相同时,可以不标志);

——标称放电电流;

——额定短路耐受电流,用千安表示(kA)。对于没有宣称短路额定值的避雷器,应以符号“—”表示;

——制造厂名或商标、避雷器型号和标志;

- 元件装配位置标志(仅用于多元件避雷器);
- 制造年、月;
- 编号(额定电压 42 kV 及以上的避雷器)。

注: 如果铭牌的空间足够, 还应包含:

- a) 线路放电等级或强雷电负载种类(见附录 C);
- b) 避雷器外套的污秽耐受水平(见 IEC 60815:1986)。

4.2 避雷器分类

避雷器按其标称放电电流分类(见表 1)。至少应符合表 5 所规定的试验要求和性能。

注: 对于 5 000 A、10 000 A 和 20 000 A 避雷器, 线路放电等级按其耐受的长持续时间电流幅值和持续时间分为五级(见表 7)。

表 1 避雷器分类

	标准标称放电电流				
	20 000 A	10 000 A	5 000 A	2 500 A	1 500 A
额定电压 U_r , kV(r. m. s)	$360 < U_r \leq 756$	$3 \leq U_r \leq 468$	$U_r \leq 132$	$U_r \leq 36$	$U_r \leq 207$
备注	电站用避雷器 线路避雷器	电站用避雷器 线路避雷器 电气化铁道用避雷器	电站用避雷器 线路避雷器 发电机用避雷器 配电用避雷器 并联补偿电容器用避雷器 电气化铁道用避雷器	电动机用 避雷器	电机中性点 用避雷器 变压器中性点 用避雷器 低压避雷器
注: 中国通常按用途分类, 表 1 给出中国通常避雷器分类, 供避雷器设计和用户选型参考使用。					

5 标准额定值和运行条件

5.1 标准额定电压

避雷器的额定电压标准值, kV(有效值), 在规定的电压范围内以相等的电压级差列于表 2。

表 2 额定电压的级差

额定电压范围 kV(r. m. s.)	额定电压级差 kV(r. m. s.)
<3	不作规定
3~30	1
30~54	3
54~96	6
96~288	12
288~396	18
396~756	24
注: 其他额定电压值也可接受, 但需是 6 的倍数(电机用避雷器的额定电压除外)。	

5.2 标准额定频率

标准额定频率为 50 Hz 和 60 Hz。

5.3 标准标称放电电流

标准 8/20 标称放电电流为:20 000 A,10 000 A,5 000 A,2 500 A 及 1 500 A。

5.4 运行条件

5.4.1 正常运行条件

符合本标准的避雷器在下述正常运行条件下应能正常运行:

- a) 环境温度在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内;
- b) 太阳光辐射;

注:太阳最大照射(1.1 kW/m^2)的影响已通过型式试验中把试品预热的方法予以考虑。如果在避雷器附近有其他热源,避雷器的使用需经供需双方协商。

- c) 海拔不超过 1 000 m;
- d) 交流电源的频率不低于 48 Hz,不超过 62 Hz;
- e) 长期施加在避雷器端子间的工频电压应不超过避雷器的持续运行电压;
- f) 风速 $\leq 35\text{ m/s}$;
- g) 地震烈度Ⅶ度及以下地区;
- h) 覆冰厚度不大于 20 mm;
- i) 机械条件(正在考虑中);
- j) 垂直安装。

5.4.2 异常运行条件

在异常运行条件下,避雷器的设计、制造及使用应特殊考虑。在异常运行条件下,本标准的使用需经供需双方协商。异常运行条件见附录 A 的规定。

6 技术要求

6.1 避雷器外套的绝缘耐受

避雷器外套的绝缘耐受电压应根据避雷器使用的标称系统电压按 GB 311.1—1997 中对高压电器外绝缘的规定进行绝缘耐受试验。

GB 311.1—1997 中高压电器外绝缘未规定的,按以下要求对避雷器外套进行绝缘耐受试验。

避雷器外套应能耐受下述电压:

——雷电耐受电压等于 1.3 倍避雷器的雷电冲击保护水平(见 3.39);

注 1:系数 1.3 包括大气条件的变化及放电电流高于正常值。

——对于额定电压为 288 kV 及以上的 10 000 A 和 20 000 A 的避雷器操作耐受电压等于 1.25 倍的避雷器操作冲击保护水平(见 3.39);

注 2:系数 1.25 包括大气条件的变化及放电电流高于表 6 中的最大值(见 8.3.3)。

——对于户外用避雷器外套应进行湿工频电压耐受试验;对于户内用避雷器外套应进行干工频电压耐受试验。

1 500 A、2 500 A 及 5 000 A 的避雷器和强雷电负载的避雷器(附录 C)外套应耐受 1 分钟工频电压,其电压峰值等于 0.88 倍雷电冲击保护水平。

额定电压低于 288 kV 的 10 000 A 及 20 000 A 的避雷器外套应耐受 1 min 工频电压,其电压峰值等于 1.06 倍操作冲击保护水平。

低压避雷器外套绝缘耐受电压见表 3。

表 3 低压避雷器外套的绝缘耐受电压

单位为千伏

避雷器额定电压 (有效值)	短时 1 min 工频耐受电压(干试) (有效值)不小于	短时 1 min 工频耐受电压(湿试) (有效值)不小于
0.28	3.0	2.0
0.50	4.0	2.5

6.2 参考电压

6.2.1 避雷器的工频参考电压

每只避雷器(或避雷器元件)的工频参考电压应在制造厂选定的工频参考电流下测量。在例行试验中,应规定选用的工频参考电流下的避雷器最小工频参考电压值,并应在制造厂的资料中公布。

6.2.2 避雷器的直流参考电压

对整只避雷器(或避雷器元件)测量直流参考电流下的直流参考电压值,其值应不小于附录 J 规定值,并应在制造厂的资料中公布。

6.3 残压

测量残压的目的是为了获得各种规定的电流和波形下某种给定设计的最大残压。这些残压可从型式试验数据中得到,也可从制造厂规定的和公布的例行试验用的雷电冲击电流下的最大残压中得到。

对于任何电流和波形,某种给定的避雷器设计的最大残压可从型式试验时被试的比例单元的残压乘以比例系数算出。比例系数等于公布的最大残压(例行试验时已被检验)与在同样电流和波形下比例单元所测残压之比。避雷器在陡波、雷电、操作冲击电流下残压值应不大于附录 J 的规定。

注:例行试验时,对于额定电压低于 42 kV 的避雷器,可用直流参考电压或工频参考电压进行残压换算。

6.4 内部局部放电

避雷器在 1.05 倍持续运行电压下的局部放电量应不大于 10 pC。

6.5 避雷器的密封性能

避雷器应有可靠的密封。在避雷器寿命期间内,不应因密封不良而影响避雷器的运行性能。对于具有密封的气体容积和具有独立的密封系统的避雷器,其密封泄漏率应符合 8.11 的规定。

6.6 多柱避雷器的电流分布

制造厂应规定多柱避雷器中单柱的最大电流值。电流分布最大不均匀系数不大于 1.10。

6.7 热稳定性

经供需双方协商,可按 9.2.2 进行特殊的热稳定试验。

6.8 长持续时间电流冲击耐受

在型式试验时,避雷器应耐受长持续时间电流冲击的考核(见 8.4)。

对于有线路放电等级要求 5 000 A、10 000 A 及 20 000 A 的避雷器,应按要求的线路放电等级通过线路放电试验(见 8.4.2)验证长持续时间电流耐受能力。

对于无线路放电等级要求 1 500 A、2 500 A、5 000 A 及 10 000 A 的避雷器,应通过方波电流冲击试验(见 8.4.3)验证长持续时间耐受能力。

试验后观察试品,电阻片应无击穿、闪络、破碎或其他明显损伤的现象。

长持续电流试验前后残压变化应不大于 5%。

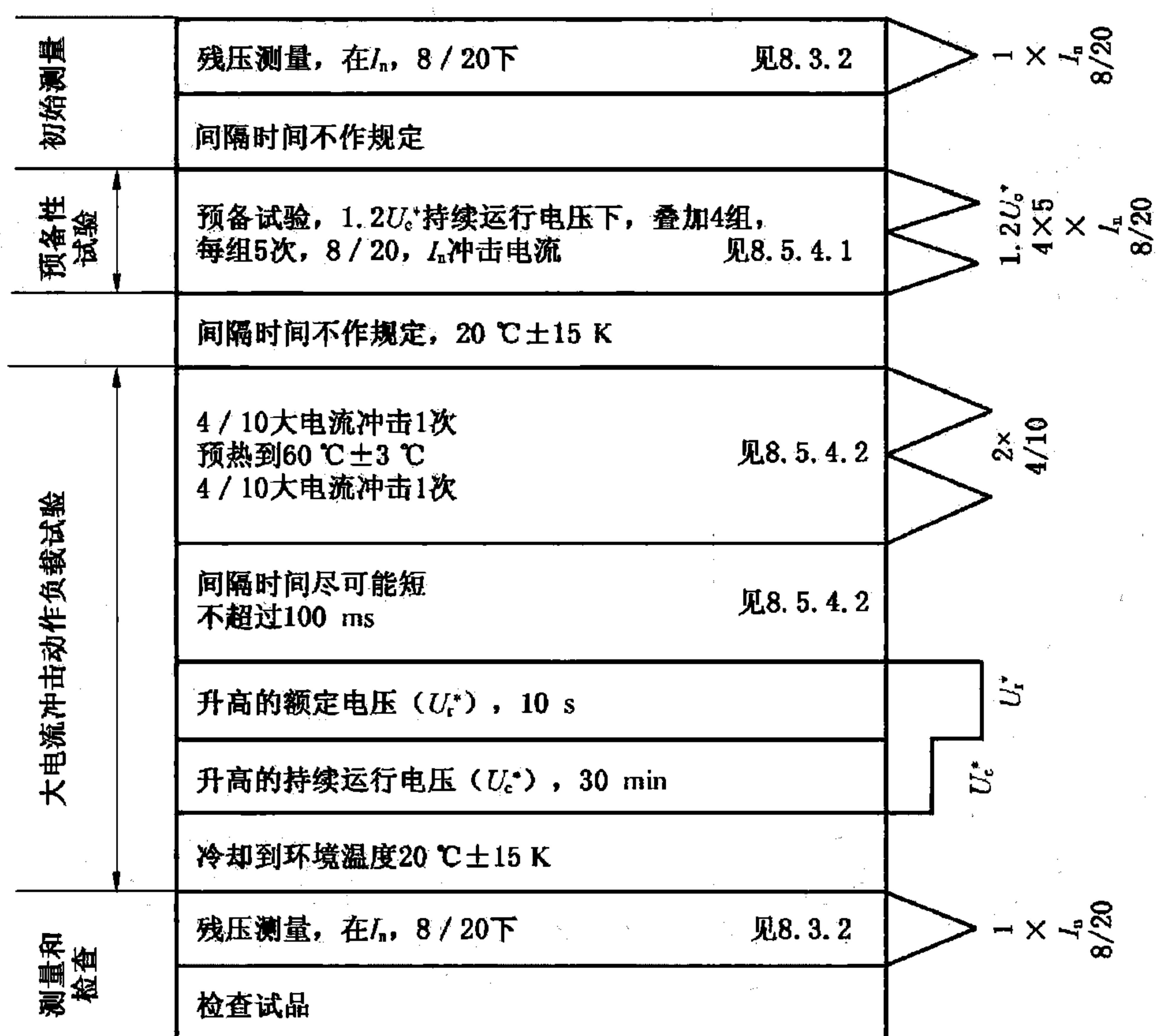
6.9 动作负载

避雷器应能耐受动作负载试验(见 8.5)所示的运行中出现的各种负载。这些负载不应引起损坏或热崩溃。

对于无线路等级要求的 1 500 A、2 500 A、5 000 A 及 10 000 A 避雷器,强雷电负载避雷器(见附录 C),应通过大电流冲击动作负载试验验证(见 8.5.4 及图 1 或图 C.1)。

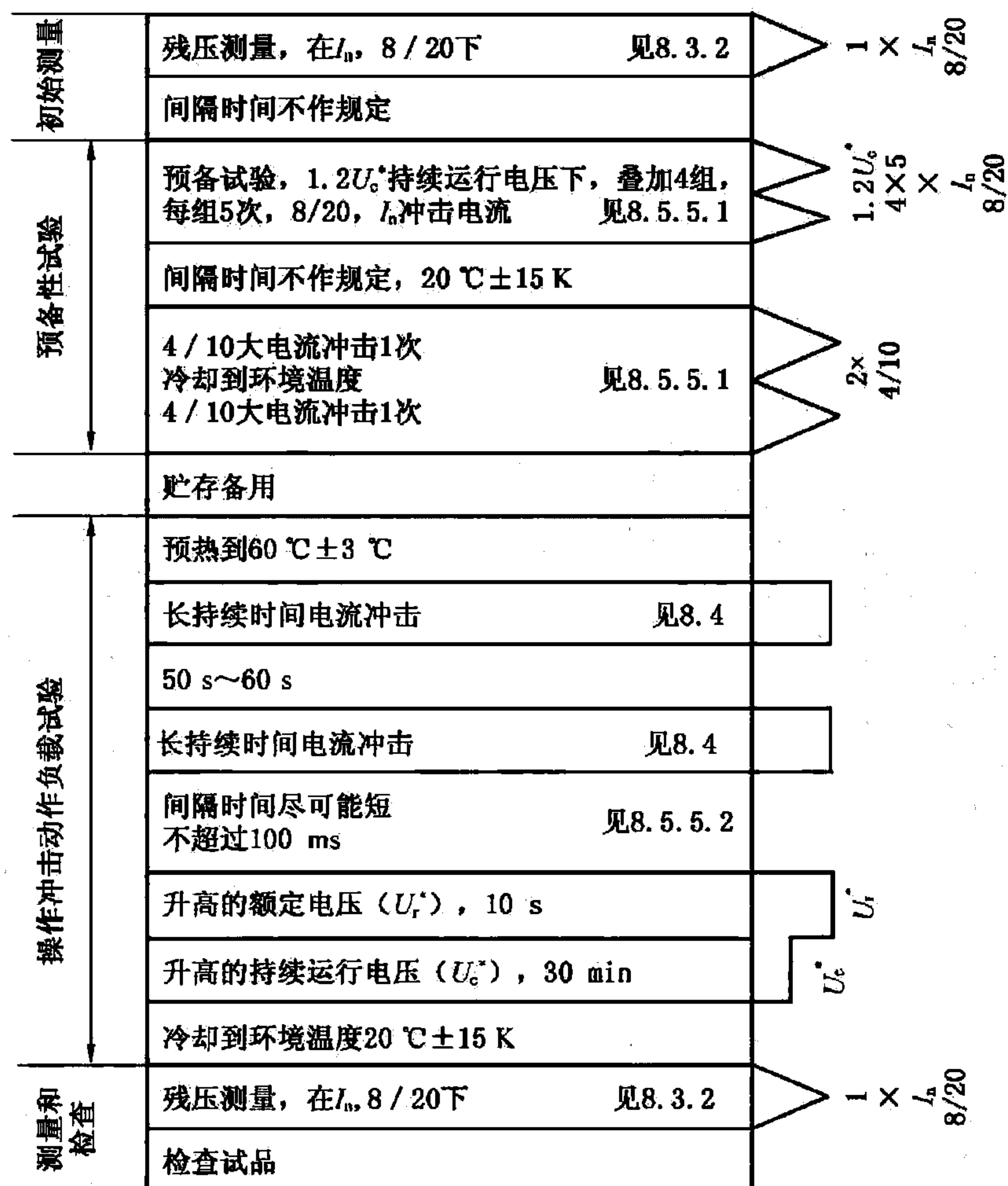
对于有线路等级要求 5 000 A、10 000 A 及 20 000 A 避雷器和并联补偿电容器用避雷器,应通过操作冲击动作负载试验验证(见 8.5.5 和图 2)。

如果试品达到热稳定,且试验前后残压变化不大于 5%,以及试验后检查电阻片无击穿、闪络或破损的现象,则避雷器通过试验。



I_n ——标称放电电流。

图 1 避雷器大电流冲击动作负载试验



I_n ——标称放电电流。

图 2 避雷器操作冲击动作负载试验

6.10 避雷器工频电压耐受时间特性

制造厂应提供避雷器在预热到 60 °C 并分别经受大电流或线路放电等级能量负载后, 允许施加在避雷器上工频电压的持续时间及相应的工频电压值, 而不发生损坏或热崩溃的数据。

提出的资料应为工频电压与时间的曲线, 且在曲线上应标明施加工频电压前的冲击能量消耗。

注 1: 该曲线对于选择避雷器额定电压是必要的。避雷器的额定电压由当地系统条件(如雷电、操作和暂时过电压)决定。

注 2: 经供需双方同意, 该曲线也可以通过计算建立。

注 3: 暂时过电压曲线应包括时间范围为 0.1 s ~ 20 min。对于使用在无清除接地故障装置的中性点绝缘系统或谐振接地系统, 时间应扩大到 24 h。

工频电压耐受时间特性应按附录 D 所示程序进行验证。

6.11 短路试验

额定电压 42 kV 及以上避雷器和保护发电机用避雷器应具有压力释放装置。

具有压力释放功能的避雷器, 依据制造厂宣称的短路额定值按 8.7 进行短路试验, 以验证避雷器的故障不会导致外套粉碎性爆破, 且如果产生明火应在规定的时间内自熄灭。

6.12 脱离器

6.12.1 脱离器耐受

当避雷器装有脱离器或与脱离器相连时,脱离器应耐受下列各项试验而不动作。

——长持续时间电流冲击试验(见 8.6.2.1)

——动作负载试验(见 8.6.2.2)

——雷电冲击放电能力试验(见附录 N)(安装在标称系统电压 35 kV 及以上的输电线路上的避雷器)

6.12.2 脱离器动作特性

对中性点有效接地系统,脱离器按照 8.6.3 的要求,在 20 A、200 A、800 A 三种工频电流值下,确定脱离器的动作时间。

对中性点非有效接地系统,脱离器按照 8.6.3 的要求,在 100 mA、1 A、20 A 三种工频电流值下,确定脱离器的动作时间。

脱离器应有有效的和永久脱离的清晰标志。

6.13 避雷器附件的要求

避雷器附件根据制造厂设计和用户要求,可包括均压元件、监测元件等,应满足避雷器规定性能要求。

6.14 避雷器的机械负载

制造厂应该规定与安装及运行相关的最大允许端部负载,如弯曲、扭转及拉伸负荷。

6.14.1 避雷器的弯曲负荷

避雷器应能耐受制造厂宣称的弯曲负荷值(见 8.9)。在 $2.5(F_1 + F_2/2)$ 下述机械负荷共同作用下耐受 10 s 而不损坏,并可靠运行。

a) 避雷器顶端承受导线的最大允许水平拉力 F_1 ,其值按表 4 规定

表 4 最大允许水平拉力 F_1

避雷器额定电压 kV(有效值)	2.4~25	42~90	96~216	288~468	600~648
最大允许水平拉力 N	147	294	490,980	980,1 470	水平横向 2 500 水平纵向 2 500

b) 作用于避雷器上的风压力 F_2 应按下式计算:

$$F_2 = \frac{v_0^2}{16} \alpha S \times 9.8, \text{N}$$

式中: v_0 ——最大风速, m/s;

S ——避雷器的迎风面积(应考虑表面覆冰厚度 20 mm), m^2 ;

α ——空气动力系数,它依风速大小而定。当 $v_0 \leq 35$ m/s 时, $\alpha = 0.8$ 。

经供需双方协商,可以按附录 M.5 进行风弯矩计算。

注 1: 当确定施加在避雷器上的动态负荷时,用户应考虑风,覆冰及电磁力对安装的影响;

注 2: 封闭在包装箱中的避雷器应该耐受用户规定的运输负荷,但不少于 2M1 级;

注 3: 与瓷外壳避雷器不同,复合外套避雷器在运行中可能出现偏移。

6.14.2 耐气候特性

避雷器应能耐受 8.10 所规定的环境作用。

6.14.3 绝缘底座

当避雷器安装有绝缘底座时,它应能耐受可能影响其正常功能的下述每一项试验而不破坏:

- 弯曲负荷试验(见 8.9);
- 环境试验(见 8.10)。

6.14.4 承受地震力

制造厂应通过计算或试验,提供避雷器可承受的地震加速度能力。

注:避雷器的承受地震力的考核正在考虑中。

6.15 电磁兼容性

尽管避雷器对电磁干扰不敏感,但仍需进行无线电干扰试验。

在正常运行条件下,避雷器应不发射出明显的干扰信号。对于额定电压 84 kV 及以上的避雷器应进行无线电干扰电压(RIV)试验(见 8.12)。在 1.05 倍持续运行电压下,避雷器最大无线电干扰水平不应超过 2 500 μ V。

6.16 寿命的终结

根据用户的要求,制造厂应该给出根据国际和国家法律规定,所有避雷器元件报废和(或)循环利用的足够的信息。

6.17 雷电冲击放电能力

安装在标称系统电压超过 35 kV 及以上架空线路中的避雷器,雷电冲击放电能力应通过试验来验证,试验程序见附录 N。

6.18 避雷器的持续电流

在持续运行电压下通过避雷器的持续电流应不超过规定值,该值由制造厂规定和提供。

6.19 0.75 倍直流参考电压下漏电流

0.75 倍直流参考电压下漏电流一般不超过 50 μ A。多柱并联和额定电压 216 kV 以上的避雷器漏电流由制造厂和用户协商规定。

6.20 大电流冲击耐受

大电流冲击耐受用于抽样试验,以及大电流冲击动作负载试验、强雷电负载避雷器动作负载试验,操作冲击动作负载试验的预备性试验、工频电压耐受时间特性试验和避雷器热稳定试验。

大电流冲击耐受要求见 8.5.4。

6.21 避雷器的耐污秽性能

避雷器外套的最小公称爬电比距应符合以下要求:

I 级轻污秽地区	17 mm/kV;
II 级中等污秽地区	20 mm/kV;
III 级重污秽地区	25 mm/kV;
IV 级特重污秽地区	31 mm/kV。

III 级及以上重污秽地区用避雷器应做污秽试验,污秽等级划分及人工污秽试验方法见附录 F 和附录 O。

6.22 避雷器的包装、运输和保管

避雷器的包装、运输和保管见附录 P。

7 试验要求

7.1 测量设备及准确度

测量设备应满足 GB/T 16927.2—1997 的要求,所测数值准确度应符合有关试验条款要求。除另

有规定外,所有工频电压试验的交流电压频率在 48 Hz~62 Hz 之间,且近似于正弦波。

7.2 试验样品

除另有规定,全部试验应在相同避雷器、避雷器比例单元或避雷器元件上进行。试品应是新的、干净的、装配完整的(如有均压环应装配上),并且尽可能模拟运行条件布置。

当试验在比例单元上进行时,比例单元对于规定的试验必须能代表制造厂公差范围内所有可能的避雷器性能。

对于线路放电试验(见 8.4.2)和动作负载试验(见 8.5),试品参考电压值应选取制造厂宣布的变化范围的最低值。此外,对多柱避雷器应考虑电流分布不均匀的最大值。为了满足这些要求,需按下述规定执行:

- a) 整只避雷器的额定电压与比例单元的额定电压比定义为 n 。试品中所用电阻片的最小体积应不大于整只避雷器所用的全部电阻片中最小体积除以 n 。
- b) 被试比例单元的参考电压等于 kU_r/n ,其中 k 是避雷器的最小参考电压与其额定电压之比。当所选用的试品的 $U_{ref} > kU_r/n$ 时,系数 n 必须相应减小($U_{ref} < kU_r/n$ 时,避雷器可能吸收过多的能量,这种比例单元只有在制造厂同意后方可采用)。
- c) 对于多柱避雷器,应按 8.18 规定的冲击电流测量各柱间的电流分布,最大的电流值应不大于制造厂规定的上限。

8 型式试验(设计试验)

8.1 总则

本节所规定的型式试验适用于瓷外套避雷器,试验项目见表 5。试验也适用于其他类型避雷器(复合外套避雷器、GIS 避雷器、外壳不带电型避雷器、分离型避雷器和液浸型避雷器)型式试验项目,其他类型避雷器的特殊试验要求见 10.8、11.8、12.8 和 13.8 规定。强雷电负载避雷器按附录 C 进行。

新产品投产前进行型式试验。当设计或工艺有所变更对产品性能有影响时,必须对有关项目进行试验。

在下列不同的条款中规定了试品的数量和试验条件。

避雷器仅仅是安装方式或支撑结构的排列布置不同,并且具有相同的部件和相似的结构,具有相同的性能包括热耗散和内部气候条件,可认为是同一设计。

8.2 避雷器外套的绝缘耐受试验

8.2.1 总则

避雷器外套的绝缘耐受试验应在整只避雷器外套上进行。本试验用来验证避雷器外套的外绝缘的电压耐受能力,如欲验证其他设计结构,试验需经供需双方协商。

试验应在 6.1 规定的条件和试验电压下进行,绝缘部件外表面应清洁,内部另件应取出或使之失效,使能做这项试验。

避雷器应尽可能按实际运行情况安装。

8.2.2 在避雷器元件外套上的试验

经供需双方协商,可在避雷器元件外套上试验,本试验应在最长的避雷器外套上进行。如果外套不能代表单位长度的电压梯度最高者时,则需要在具有最大电压梯度的避雷器元件外套上进行补充试验,内部零部件可用等价布置(如均压元件)来替代,并使沿避雷器轴向方向的电压成线性分布。

8.2.3 在整只避雷器外套上试验

试验时,避雷器外套的外表面应清洁干燥,避雷器内部电阻片及其他元件应除去。具体试验要求及方法应符合 6.1 规定和 GB 311.1—1997、GB/T 16927.1—1997 中的有关规定。

表 5 避雷器型式试验

序号	试验项目名称	试验依据	试验方法	试品数量	试验要求												
					20 kA			10 kA			5 kA			2.5 kA		1.5 kA	
					电站用 线路用 避雷器	电站用 线路用 避雷器	电站用 线路用 避雷器	电站用 线路用 避雷器	电站用 线路用 避雷器	电站用 线路用 避雷器	并联补偿 电容器用 避雷器	电气化 铁道用 避雷器	配电用 避雷器	发电机用 避雷器	电动机用 避雷器	低压 避雷器	中性点 避雷器
1	爬电比距检查	6.21			要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求
2	工频参考电压试验	6.2.1	8.15		要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求
3	直流参考电压试验	6.2.2	8.16		要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求
4	局部放电试验	6.4	8.8		要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求
5	无线电干扰电压试验	6.15	8.12		要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求
6	密封试验	6.5	8.11		要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求
7	0.75 倍直流参考电压下泄漏电流试验	6.19	8.17		要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求
8	持续电流试验	6.18	8.14		要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求
9	残压试验 a) 陡波冲击残压试验 b) 雷电冲击残压试验 c) 操作冲击残压试验	6.3	8.3	3 只避雷器或比例单元	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求
10	长持续时间电流冲击耐受试验 a) 线路放电试验 b) 方波冲击电流试验	6.8	8.4	3 只比例单元 3 只避雷器或比例单元	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求
11	动作负载试验 a) 加速老化试验 b) 大电流冲击动作负载试验 c) 操作冲击动作负载试验	6.9	8.5	3 只避雷器或比例单元 3 只避雷器或比例单元 3 只避雷器或比例单元	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求

表 5 (续)

序号	试验项目名称	试验依据	试验方法	试品数量	试验要求											
					20 kA		5 kA						2.5 kA		1.5 kA	
					电站用 线路用 避雷器	电站用线路 用电气化铁 道用避雷器	电站用 线路用 避雷器	并联补偿 电容器用 避雷器	电气化 铁道用 避雷器	配电用 避雷器	发电机用 避雷器	电动机用 避雷器	低压 避雷器	中性点 避雷器		
12	工频电压耐受时间特性 试验	6.10	附录 D	每点 1 只比例单元	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	—	要求	要求		
13	避雷器外套绝缘耐受试验	6.1	8.2	额定电压 42 kV 及 以上避雷器外套 1 只, 42 kV 及以 下外套 3 只	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求		
14	机械负荷试验	6.14	8.9	额定电压 42 kV 及 以上避雷器 1 只, 其 余 3 只	座式安装的避雷器要求(低压避雷器除外)											
15	短路电流试验 a) 额定短路电流试验 b) 小短路电流试验	6.11	8.7	3 只避雷器(或元件) 1 只避雷器(或元件)	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	— —	要求 要求	— —	— —	要求 要求		
16	多柱避雷器电流分布试验	6.6	8.18	1 只避雷器	由多柱电阻片组成的避雷器要求											
17	脱离器试验	6.12	8.6	按要求	当避雷器带有脱离器时要求											
18	人工污秽试验	6.21	8.13	1 只避雷器	Ⅲ级以上重污秽地区使用的产品要求											
19	雷电冲击放电能力试验	6.17	附录 N	3 只避雷器或比例单元	线路避雷器要求											
20	环境试验	6.14.2	8.10	1 只避雷器或比例单元	除低压避雷器外,其余避雷器要求											
注: 序号 1~8 项试验为同一试品,其余各项均为新试品。																

8.2.4 试验时环境大气条件

按 GB 311.1—1997 规定的电压试验时,耐受试验时施加的电压值等于规定的耐受电压乘以考虑空气密度和湿度的校正系数,见 GB/T 16927.1—1997。

湿试验时不做湿度修正。

8.2.5 湿试验程序

户外避雷器的外绝缘应按 GB/T 16927.1—1997 给出的试验程序进行湿耐受试验。

8.2.6 雷电冲击电压试验

避雷器应按 GB/T 16927.1—1997 进行干状态下的标准雷电冲击电压试验。

每种极性连续施加 15 次冲击试验电压,如果内部不发生闪络,且每 15 次冲击中外部闪络不超过 2 次时,则认为避雷器通过了试验。

如果干弧距离或干弧距离之和大于试验电压除以 500 kV/m,则本试验可免试。

8.2.7 操作冲击电压试验

额定电压 288 kV 及以上的 10 kA 和 20 kA 等级的避雷器应按 GB/T 16927.1—1997 进行标准操作冲击电压试验。户外用避雷器应作湿试验,户内用避雷器应作干试验。

每种极性连续施加 15 次冲击试验电压,如果内部不发生闪络,且每 15 次冲击中外部闪络不超过 2 次时,则认为避雷器通过了试验。

8.2.8 工频电压耐受试验

户外用避雷器的外套应该在湿条件下进行试验,户内用避雷器的外套应该在干条件下进行试验。并要尽可能按实际运行情况安装。

8.3 残压试验

型式试验的残压试验目的是为了获得导出 6.3 所述的最大残压的必要数据,它包括各种规定冲击电流下残压与在例行试验中所检验的电压水平的比值,后者可用参考电压或者在 0.01 倍~2 倍标称放电电流范围内任一适当的雷电冲击电流下的残压,该电流值可依据制造厂例行试验程序来选定。

在制造厂资料中必须规定并公布例行试验用雷电冲击电流下最大残压,在各种规定的电流和波形下所测试验比例单元残压乘以公布的例行试验电流下的最大残压与在相同电流下所测比例单元残压之比便得到避雷器在该规定电流和波形下的最大残压。

例行试验时,雷电冲击残压允许用单个电阻片雷电冲击残压算术和代之。

对于额定电压 42 kV 及以下避雷器,在例行试验中制造厂可以选择仅检验参考电压,此时应规定最大参考电压。试验中所测得的比例单元残压乘以避雷器最大参考电压与试验比例单元所测参考电压之比便得到各种规定电流和波形的最大残压。

全部残压试验应在相同的 3 只完整避雷器或避雷器比例单元试品上进行。两次放电的间隔时间应足以使试品恢复到接近环境温度。对多柱避雷器,试验可以仅对取自 1 个柱的比例单元进行,此时试验电流值为规定电流幅值除以柱数。

8.3.1 陡波冲击电流残压试验

应对 3 只试品的每 1 只试品施加 1 次幅值等于避雷器标称放电电流(偏差±5%)的陡波冲击电流,记录 3 次电压峰值。应记录 3 只出现的电压峰值和波形。如果必要,应对电压测量回路以及试品和试验回路的几何尺寸的电感效应予以校正。所用电压测量回路的响应时间 T 和 T_1 应不超过 20 ns。电流测量回路响应时间应不超过 150 ns(见 GB/T 16927.2—1997)。

用下列程序确定是否需要进行电感效应校正。将上述陡波冲击电流施加在与电阻片试品相同尺寸的金属块上,记录金属块两端的电压峰值和波形。如果金属块与电阻片试品上的电压峰值之比小于 2%,则不需要对测量的电感效应校正。如果金属块与电阻片试品上的电压峰值之比在 2%至 20%之间,应将每个电阻片冲击电压的波形减去金属块的冲击电压波形,记录冲击波形合成后的电压峰值,作为被校正后的电阻片电压值。如果金属块与电阻片试品上的电压峰值超过 20%,应改进试验回路和测

量回路。

注：进行测量时将电阻片试品与金属块串联在试验回路中，可获得完全相同电流波形。只需互换金属块或试品的位置可以测出相应的电压降。

按下列程序 a 或程序 b，用测得的试品具有最高冲击残压波形来确定避雷器的陡波冲击残压（如有必要时要进行校正）。

程序 a

- 1) 试品的陡波冲击残压波形乘以比例系数（见 6.3）；
- 2) 通过陡波冲击电流波形确定全波形的电流变化率（ di/dt ），然后用其乘以电感，求出感性电压时间函数；

$$u(t) = L di/dt = L' h di/dt$$

式中：

$u(t)$ ——感性电压降时间函数，kV；

L' ——单位长度的电感， $\mu\text{H}/\text{m}$ ；

$L'=1$ ，对户外避雷器等于 1；

$L'=0.3$ ，对于 GIS 避雷器；

h ——避雷器端子间减去电阻片高度的长度，m；

di/dt ——电流随时间的变化率， $\text{kA}/\mu\text{s}$ 。

- 3) 将 1) 与 2) 结果相加，得到的值就是避雷器的陡波冲击残压。

程序 b

- 1) 试品的陡波冲击残压乘以比例系数（见 6.3）；
- 2) 用下列公式确定避雷器端子间的感性电压降；

$$U_L = L di/dt = L' h I_n / T_f$$

式中：

U_L ——感性电压降，kV；

L' ——单位长度的电感值， $\mu\text{H}/\text{m}$ ；

$L'=1$ ，对户外避雷器；

$L'=0.3$ ，对 GIS 避雷器；

h ——避雷器端子间减去电阻片高度的长度，m；

T_f ——陡波冲击电流的波前时间；等于 $1 \mu\text{s}$ ；

I_n ——标称放电电流，kA。

- 3) 将 1) 与 2) 结果相加，得到的值就是避雷器的陡波冲击残压。

8.3.2 雷电冲击残压试验

应对 3 只试品的每 1 只试品施加 3 次雷电电流冲击（见 3.17），其幅值分别约为避雷器标称放电电流的 0.5 倍、1 倍和 2 倍。视在波前时间应在 $7 \mu\text{s} \sim 9 \mu\text{s}$ 之间，而半峰值时间（无严格要求）可有任意偏差。残压按 6.3 确定。已确定的残压最大值应画成残压与电流的曲线。在曲线上相应于标称放电电流读取的残压，定义为避雷器雷电冲击保护水平。

例行试验时，试验可在整只避雷器、组装好的元件或包括一个或几个电阻片的试品上进行。制造厂要在 0.01 倍~2 倍标称电流范围内确定一适当的雷电冲击电流，残压将在该电流下测定。如果不能直接测量整体残压，可以把电阻片的残压之和或单个避雷器元件的残压之和视作整只避雷器的残压。整只避雷器的残压值不能高于规定值。

注：如果整只避雷器例行试验在上述任一电流下不能进行时，则型式试验应补充进行电流在 0.01 倍~0.25 倍的标称放电电流范围内某一电流下的试验，以便与整只避雷器进行比较，也允许用单个电阻片残压的算术和代之。若用户需要，制造厂也可提供 0.5 倍、2 倍避雷器标称放电电流下残压值，其规定值应由供需双方协商确定。

8.3.3 操作冲击残压试验

应对3只试品的每1只试品施加1次操作电流冲击,其幅值等于表6中规定的幅值(偏差±5%)。残压按6.3确定。最大值定为相应电流下避雷器的操作冲击残压。按表6规定的电流值测出的最大残压定义为避雷器的操作冲击保护水平。

表6 避雷器操作冲击残压试验用电流值

避雷等级	避雷器使用场合	避雷器额定电压 kV(有效值)	操作冲击电流值 A(峰值)
20 000 A	电站用避雷器 线路避雷器	420~756	500 及 2 000
10 000 A	电站用避雷器 线路避雷器	3~216	125 及 500
		288~324	250 及 1 000
		420~468	500 及 2 000
	电气化铁道用避雷器	42~84	500
5 000 A	并联补偿电容器用避雷器	5~90	125 及 500
	电站用避雷器 线路避雷器	5~84	250
		90~108	125 及 500
	发电机用避雷器	4~25	250
	电气化铁道用避雷器	42~84	500
配电用避雷器	5~17	100	
2 500 A	电动机用避雷器	4~13.5	100
1 500 A	变压器中性点用避雷器	60~207	500
	电机中性点用避雷器	2.4~15.2	100

注1: 额定电压值为推荐值,制造厂也可根据需要选择其他值。
注2: 当并联补偿电容器组的容量较大时,避雷器的操作冲击残压试验用电流值,可以由需方提出要求。

8.4 长持续时间冲击电流耐受试验

8.4.1 总则

试验前,应对每只试品测量标称放电电流下雷电冲击残压,用作评价。

每种长持续时间电流冲击耐受试验应按照7.2和8.1规定,对3只新的以前未经过任何试验(除上述规定的评价目的外)的整只避雷器、避雷器比例单元或电阻片上进行。试验期间电阻片可以暴露在敞开空气中,此静止空气的温度为20℃±15K。若被试避雷器额定电压不小于3kV,则试品的额定电压应不小于3kV,但不必超过6kV。若避雷器的脱离器/故障指示器与避雷器设计成一体时,该试验必须按运行条件带脱离器/故障指示器进行(见8.6)。

每种长持续时间电流冲击试验由18次放电动作组成,共分为6组,每组3次,2次动作间隔时间为50s~60s,2组之间的间隔时间应使试品冷却到接近环境温度。

在长持续时间电流冲击试验后且试品冷却到接近环境温度时,要重复进行长持续时间电流冲击试验前的残压试验,并与试验前残压值比较,该值变化应不超过5%。

试验后检查试品,电阻片不应有任何击穿、闪络、破碎或者明显损坏的痕迹。

8.4.2 避雷器线路放电试验要求

本试验是对试品施加电流冲击以模拟按表7所规定的线路参数下预充电线路通过试品放电所产生的冲击电流。

表 7 避雷器线路放电试验参数

避雷器等级	线路放电等级	线路波阻抗 Z Ω	峰值的视在 持续时间 T μs	充电电压 U_L kV(d. c.)
5 kA	1	$4.9U_r$	2 000	$3.2U_r$
10 kA				
10 kA	2	$2.4U_r$	2 000	$3.2U_r$
10 kA	3	$1.3U_r$	2 400	$2.8U_r$
10 kA	4	$0.8U_r$	2 800	$2.6U_r$
20 kA				
20 kA	5	$0.5U_r$	3 200	$2.4U_r$

注 1: U_r 为试品额定电压,单位为:kV(有效值)。
注 2: 上表中等级 1~5 与逐级增高的放电要求相对应。合适的放电等级的选择是以系统要求为依据,见附录 E。
注 3: 试验回路波阻抗与表 7 规定的线路波阻抗的偏差应不大于 $\pm 10\%$ 。
注 4: 对于 10 kA 等级无线路放电等级要求的避雷器,长持续电流耐受值由供需双方协商确定。

根据表 7 的参数,用下式确定注入到试品中能量(W):

$$W = U_{res} \cdot (U_L - U_{res}) \cdot 1/Z \cdot T$$

式中:

U_{res} ——用表 6 中较低电流值对 3 只试品所测操作冲击残压的最低值。

试验可用满足下列要求的任何发生器进行:

- 冲击电流峰值的视在持续时间应该在表 7 规定值的 100%~120%间;
- 冲击电流的视在总持续时间应不超过峰值视在持续时间的 150%;
- 振荡或起始过冲应不超过电流峰值的 10%,若有振荡,应画一条平均曲线以确定峰值;
- 每只被试试品每次冲击承受的能量规定为:第 1 次冲击应为上述计算值的 90%~110%,其余各次冲击应为计算值的 100%~110%。

电流发生器应在电流过零后在冲击电流的视在总持续时间的 1 倍~2 倍间与试品断开。

附录 I 中描述了一种实用的试验回路的实例。

8.4.3 用于 5 000 A、2 500 A 和 1 500 A 避雷器的长持续时间电流(方波冲击电流)要求

本试验所用发生器产生的冲击电流应满足下列要求:

- 峰值视在持续时间应为表 8 规定值的 100%~120%;
- 视在总持续时间应不超过峰值视在持续时间的 150%;
- 振荡或起始过冲应不超过电流峰值的 10%,若出现振荡,应画一条平均曲线以确定峰值;
- 第 1 次冲击的电流峰值应为表 8 规定值的 90%~110%,对其余各次冲击应为规定值的 100%~110%。

型式试验应在比例单元上进行。试品 3 只。试品应按 7.2 规定。

抽样试验在电阻片上进行,应从同批被试电阻片中抽取工频参考电压(或直流参考电压)最高的 5 片进行试验。

型式试验和抽样试验中,若仅有 1 只试品电流冲击试验次数不足 18 次时,可加倍数量抽取参考电压最高的电阻片重复试验。如试验合格,则认为试品合格。若其中仍有电流冲击试验次数不足 18 次的电阻片出现时,则认为试验没有通过。对于抽样试验允许降低参考电压(由制造厂自行规定)重新进行试验。试验合格后,则高于此参考电压的电阻片认为不合格。

本试验用方波发生器进行,若用触发点火系统,其能量不得超过主回路贮存能量的0.5%。

表 8 避雷器长持续时间电流冲击(方波冲击电流)试验要求

避雷器等级	避雷器使用场合	避雷器额定电压 kV(有效值)	电流冲击 2 000 μ s 方波电流 A(峰值)
5 kA	发电机用避雷器	4~25	400
	电站用避雷器	5~51	150
		84~90	400
	电气化铁道用避雷器	42~84	400
	并联补偿电容器用避雷器	5~90	400 ^a
	配电用避雷器	5~17	75
2.5 kA	电动机用避雷器	4~13.5	200
1.5 kA	电机中性点用避雷器	2.4~15.2	200
	变压器中性点用避雷器	60~207	400
	低压用避雷器	0.28~0.50	50

^a 如有更高要求,由供需双方协商。

8.5 动作负载试验

8.5.1 总则

如 6.9 所述,本试验是对避雷器施加一定次数的规定冲击,并同时施加规定电压和频率的工频电源以模拟运行条件。电压测量的精度应为 $\pm 1\%$,并且从空载到满载电压峰值的变化不允许大于 1%。电压峰值与有效值之比与 $\sqrt{2}$ 的偏差不大于 2%。在动作负载试验期间,工频电压与规定值的偏差应不大于 $\pm 1\%$ 。

通过该项试验的主要要求是,避雷器在施加工频电压时能够逐渐冷却,即不出现热崩溃。因此要求被试避雷器比例单元的暂态及稳态热耗散能力等于或小于整只避雷器的热耗散能力(见 8.5.3)。

试验程序包括:

- 初始测量;
- 预备性试验;
- 施加冲击;
- 测量和检查。

该程序见图 1、图 2 和附录 C 中图 C.1。

试验应按 7.2 和 8.1 进行。在环境温度为 20 $^{\circ}$ C ± 15 K 下对 3 只完整避雷器或避雷器比例单元试品进行。若被试避雷器的额定电压不小于 3 kV,则试品的额定电压应不小于 3 kV,但不必超过 12 kV。若避雷器的脱离器/故障指示器与避雷器设计成一体时,该试验必须按运行条件带脱离器/故障指示器进行(见 8.6)。

对于额定电压 12 kV 以上的避雷器,因现有试验设备的限制,通常需要在避雷器比例单元上进行。重要的是施加在试品上的电压和通过试品的工频电流应尽可能代表整只避雷器的条件。

避雷器成功地通过动作负载试验的评价参数是电阻片的功率损耗。因此应在升高的试验电压 U_c^* 、 U_r^* 对新电阻片进行动作负载试验。以使新电阻片在 U_c^* 、 U_r^* 下给出的功率损耗相同于已老化的电阻片分别在持续运行电压和额定电压下的功率损耗。升高的试验电压应按 8.5.2.2 中规定的加速老化程序确定。

施加在试验避雷器比例单元上的工频试验电压应该为整只避雷器的持续运行电压(见 3.9)及额定电压(见 3.8)除以等同避雷器比例单元的总数 n (见 7.2)。 U_{sc} 等于 U_c/n , U_{sr} 等于 U_r/n , 并应按照 8.5.2.2 进行修正, 以确定提高了的试验电压 U_c^* 及 U_r^* 。

注: 图 1 和图 2 规定的预热温度 $60\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ K}$ 是加权平均温度, 它包括环境温度、太阳辐射以及避雷器外套上污秽的影响。

8.5.2 加速老化程序

本试验程序用以确定在动作负载试验(见图 1、图 2 和附录 C 中图 C.1)中所使用的电压值 U_c^* 、 U_r^* , 这样动作负载试验允许在新的电阻片上进行。

注: 在接近或超过参考电压 U_{ref} 下对电阻片施加应力的替代的试验程序正在考虑之中。

8.5.2.1 试验程序

将已校正的最大持续运行电压 U_a (见下述)施加到 3 只电阻片试品上 1 000 h, 在 1 000 h 期间应控制电阻片的表面温度在 $115\text{ }^\circ\text{C} \pm 4\text{ K}$ 。

在老化试验时, 应该与整只避雷器设计一样, 具备所有直接与电阻片接触的材料(固体或液体)。

在加速老化试验时, 电阻片应该置于和避雷器中相同的介质中。在这种情况下, 老化试验应在处于封闭容器内的单片电阻片上进行, 容器的容积应至少为电阻片体积的 2 倍, 并且容器内的介质密度不能低于避雷器中介质密度。

注: 在避雷器的正常运行寿命期内, 避雷器内电阻片周围的介质可能由于内部放电的原因而会有一些改变。电阻片周围介质的改变可能会明显增加功率损耗。

考虑这种情况合适的试验程序正在考虑中。目前有一个程序可以作为选择, 就是在含有低的氧气浓度(低于 0.1% 体积)的 N_2 或 SF_6 (对 GIS 避雷器)中进行这个试验。这就保证, 即使在完全缺氧的情况下, 避雷器仍不会老化。

如果制造商能够证明, 在敞开的空气中进行本试验等价于在实际介质中进行的试验, 则可以在敞开的空气中进行老化试验。

用于本试验程序中的电压是电阻片在避雷器中应承受的校正后的最大持续运行电压(U_a), 该电压包括电压分布不均匀影响, 这个电压可以通过电压分布的测量或计算来确定。

注: 附录 L 中给出了电压分布计算程序。

对于高度低于 1 m 的避雷器, 除了那些具导电的, 接地外壳的避雷器, 如 GIS 避雷器, 液浸式避雷器, 外壳不带电型避雷器或可分离式避雷器外, 最大持续运行电压可用下式确定:

$$U_a = U_c(1 + 0.15H)$$

式中:

H ——避雷器总高度, 单位 m。

上述老化试验程序应在 3 只典型的电阻片元件试品上进行, 试品的参考电压应满足 7.2 的要求。工频电压应满足动作负载试验规定的老化试验要求(见 8.5.1)。

8.5.2.2 升高的额定电压及持续运行电压的确定

3 只试品应加热到 $115\text{ }^\circ\text{C} \pm 4\text{ K}$, 在施加电压后 1 h~2 h 之间测量在电压 U_a 下电阻片的功率损耗 P_{1ct} 。在测量 P_{1ct} 后, 应该每隔 100 h 测量一次电阻片的功率损耗。最后, 在不间断地施加 U_a 计 $1\ 000 \pm 100$ h 老化后, 在相同条件下测量功率 P_{2ct} 。在试验期间容许试品上偶然断电, 但总的累计断电时间不得超过 24 h。中断的时间将不计入老化试验的持续时间内, 最后的测量应该在持续通电不少于 100 h 后进行。在容许的温度范围内, 所有的测量应该在相同温度 $\pm 1\text{ K}$ 下进行。

在至少每 100 h 时间间隔所测得功率损耗中的最小功率损耗叫做 P_{3ct} 。如图 3 所示。

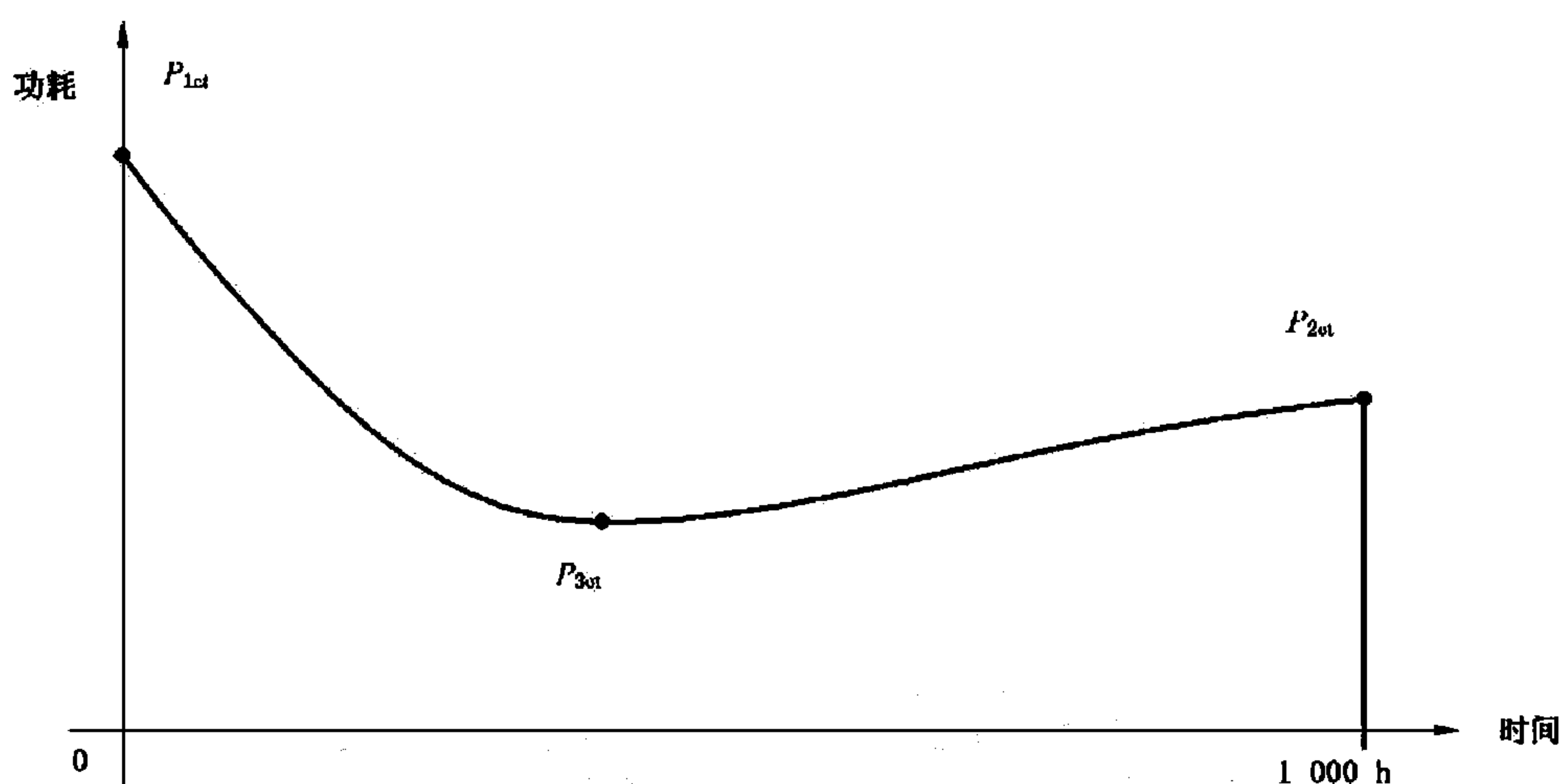


图3 避雷器在升高温度下的功率损耗与时间的关系

- 如果 P_{2ct} 等于或小于 $1.1P_{3ct}$ ，则应该对新的电阻片按照 8.5.4.2 及 8.5.5.2 进行试验。
- 如果 P_{2ct} 等于或小于 P_{1ct} ，则使用的 U_{sc} 和 U_{sr} 可不作任何修改。
- 如果 P_{2ct} 大于 P_{1ct} ，则取每只试品所确定的比值 P_{2ct}/P_{1ct} 中比值最高者为 K_{ct} 。在环境温度下对 3 只新电阻片试品分别在 U_{sc} 和 U_{sr} 下测量功率损耗 P_{1c} 和 P_{1r} 。然后，提高电压，使相应的功率损耗 P_{2c} 和 P_{2r} 满足下列关系：

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct} \quad \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

U_c^* 、 U_r^* 为提高了的三个电压中的最大者。作为另一种办法，如果经供需双方同意，也可使用经过老化的电阻片。

- 如果 P_{2ct} 大于 $1.1P_{3ct}$ ，且 P_{2ct} 大于或等于 P_{1ct} ，则应该按照 8.5.4.2 及 8.5.5.2，对老化过的电阻片进行试验。如果经供需双方同意，可以使用校正过电压 U_c^* 和 U_r^* 的新的电阻片进行试验。

按照定义，老化的电阻片是按 8.5.2.1 试验过的电阻片。

表 9 汇总了上述情况：

表 9 升高的额定电压及持续运行电压的确定

测得的功率损耗	动作负载试验的试品及试验电压
$P_{2ct} \leq 1.1 \times P_{3ct}$ 且 $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	新试品在 U_{sc} 和 U_{sr} 下试验
$P_{2ct} \leq 1.1 \times P_{3ct}$ 且 $P_{2ct} > P_{1ct}$	新试品在 U_{sc}^* 和 U_{sr}^* 下试验
$P_{2ct} > 1.1 \times P_{3ct}$ 且 $P_{2ct} < P_{1ct}$	老化过试品在 U_{sc} 和 U_{sr} 下试验
$P_{2ct} > 1.1 \times P_{3ct}$ 且 $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	老化过试品在 U_{sc} 和 U_{sr} 下试验 (如果供需双方同意，新试品在 U_{sc}^* 及 U_{sr}^* 下试验)

在将老化过的电阻片用于动作负载试验时，建议老化试验与动作负载试验之间的时延不超过 24 h。

测量时间应当足够短，以免由于加热而使功率损耗增加。

8.5.2.3 电阻片负荷等于或高于参考电压的试验程序性

如果 U_{ca} 接近或者高于参考电压，或许不能在 U_{ca} 下进行老化试验，因为这种极端电压是要依赖于所使用电压源的功耗和稳定性。如果 $U_{ca} \geq 0.95 U_{ref}$ 并且不可能按照 8.5.2.1 进行加速老化试验，可采用替代试验程序并代替 8.5.2.1 和 8.5.2.2。

注：提供一个大概的，可以起到有助于了解该程序目的试验程序。该程序如下：

- a) 对于最高应力电阻片(在 40 ℃, $U=U_c$ 下), 计算功耗, P_{α} 。
- b) 根据 8.5.2.3.1 中的三种程序中的一种, 对于避雷器中最高应力的部件, 确定其稳态温度, T_{st} 。
- c) 在施压 U_{α} 下, 确定 k_x , 其值为所使用的电阻片元件在 115 ℃ 下功耗和 T_{st} 下功耗的比值。
- d) 在恒定的功耗进行加速老化试验, 其值为 $k_x \times P_{\alpha}$ 。
- e) 应在规定的试验间隔进行测量, 试验中断时间应很短。
- f) 如果 $T_{st} > 60$ ℃, 应升高温度或者延长试验时间。
- g) 根据 8.5.2.3.3 评估第 5) 步骤功耗。

8.5.2.3.1 试验参数的确定

对于承受最高电压应力的电阻片, 根据附录 L 包括阻性电流的影响, 在最大环境温度为 40 ℃ 下施加 U_c , 计算每个电阻片的功耗, P_{α} 。

注 1: 对于外壳不带电式避雷器和液浸式避雷器, 分别用 65 ℃ 和 95 ℃ 作为最大环境温度。

选择下列三种试验程序的一种作为确定在最大环境温度下避雷器最大应力部件的稳态温度, T_{st} 。

注 2: 试验程序的保守度从 1 至 3 依次增加。

- 1) 在环境温度 25 ℃ ± 10 K 条件下, 对整只避雷器施加标称的 U_c , 直到获得稳态温度条件。通过 5 个测量点来测量电阻片元件上的温度, 应尽可能分布在最大应力且避雷器每柱长度 20% 的区域。如果该区域少于 5 个电阻片元件, 测量点的数量应限制为每个电阻片元件一个测量点。高于避雷器电阻片环境温度的平均温升加上最高环境温度得到温度 T_{st} 。
- 2) 在最高环境温度条件下, 对代表整只避雷器电压水平的热比例单元施加能量, 按上述要求其结果是每个电阻片元件的功耗相同。如果必要, 通过调整电压来保持功耗不变。测量稳态条件下电阻片的温度并且计算平均稳态温度, 该温度等同于 T_{st} 。
- 3) 在环境温度 25 ℃ ± 10 K 条件下, 对代表整只避雷器电压水平的热比例单元施加能量, 按上述要求其结果是每个电阻片元件的功耗相同。如果必要, 通过调整电压来保持功耗不变。测量稳态条件下电阻片的温度并且计算环境温度上的平均稳态温升, ΔT_{st} 。 ΔT_{st} 加上最高环境温度, 确定出温度 T_{st} 。

比例单元应能代表整只避雷器的稳态热特性。

注 3: 该比例单元没有必要与动作负载所使用同一比例单元。

在施压 U_{α} 下, 确定 k_x , 其值为所使用的电阻片元件在 115 ℃ 下功耗和 T_{st} 下功耗的比值。该试验的电压源应符合 8.5.1 的要求。

8.5.2.3.2 试验程序

三只电阻片试品应持续耐受功耗等于 $k_x \times P_{\alpha}$ (波动为 $^{+30}_{-0}\%$) 1 000 h。试验期间, 控制试验温度以保持电阻片表面温度在要求的温度范围 $T_t \pm 4$ K 之内。试验刚开始的施加电压不应小于 0.95 U_{c1} 。

如果温度 T_{st} 等于或者低于 60 ℃, T_t 应为 115 ℃。如果温度 T_{st} 高于 60 ℃, 试验温度或者试验时间应按下列方法提高:

- a) 试验温度的提高

$$T_t = 115 + (T_{st} - T_{a,max} - \Delta T_n)$$

式中:

T_t ——试验温度, ℃;

T_{st} ——电阻片的稳态温度, ℃;

$T_{a,max}$ ——最大环境温度, ℃;

ΔT_n ——20 K。

注 1: 对于液浸式避雷器 $\Delta T_n = 25$ K, 其结果根据动作负载试验起始温度的要求, 这种避雷器(120 ℃)的超过最高环境温度(95 ℃)25 K, 而其他类型避雷器动作负载试验起始温度和最高环境温度之差为 20 K。

- b) 试验时间的延长

$$t = t_0 \times 2.5^{\Delta T/10}$$

式中:

t ——试验时间, h;

t_0 ——1 000 h;

ΔT ——超过 60 °C 的温差。

注 2: 对于外壳不带电式和液浸式避雷器, t_0 分别为 2 000 h 和 7 000 h, ΔT 分别为超过 85 °C 和 120 °C 的温差。

8.5.2.3.3 升高的额定电压和持续运行电压的确定

三只电阻片试品应加热到 $T_i \pm 4$ K 持续耐受功耗等于 $k_x \times P_{\alpha}$ 。施加后 1 至 2 小时后, 电压调整到 $0.95 U_{\alpha}$ 至 U_{α} 之间的范围内, 并且测量功耗 $P_{1\alpha}$ 。试验中, 在试验时间的 30%, 50% 和 70% 后, 在相同的温度和电压条件下重复测量功耗。这期间测量的最小功耗值作为 $P_{3\alpha}$ 。在老化试验的末尾, 在相同的温度和电压条件下测量功耗, 作为 $P_{2\alpha}$ 。

——如果 $P_{2\alpha}$ 等于或小于 $1.1P_{3\alpha}$, 则应该对新的电阻片按照 8.5.4 及 8.5.5 进行试验。

——如果 $P_{2\alpha}$ 等于或小于 $P_{1\alpha}$, 则使用的 U_{sc} 和 U_{sr} 可不作任何修改。

——如果 $P_{2\alpha}$ 大于 $P_{1\alpha}$, 则取每只试品所确定的比值 $P_{2\alpha}/P_{1\alpha}$ 中比值最高者为 K_{α} 。在环境温度下对 3 只新电阻片试品分别在 U_{sc} 和 U_{sr} 下测量功率损耗 P_{1c} 和 P_{1r} 。然后, 提高电压, 使相应的功率损耗 P_{2c} 和 P_{2r} 满足下列关系:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{\alpha} \quad \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{\alpha}$$

U_c^* 、 U_r^* 为提高了的三个电压中的最大者。作为另一种办法, 如果经供需双方同意, 也可使用经过老化的电阻片。

——如果 $P_{2\alpha}$ 大于 $1.1P_{3\alpha}$, 且 $P_{2\alpha}$ 大于或等于 $P_{1\alpha}$, 则应该按照 8.5.4 及 8.5.5, 对老化过的电阻片进行试验。如果经供需双方同意, 可以使用校正过电压 U_c^* 和 U_r^* 的新的电阻片进行试验。

按照定义, 老化的电阻片是按 8.5.2.3.2 试验过的电阻片。

上述情况的汇总见表 9。

在将老化过的电阻片用于动作负载试验时, 建议老化试验与动作负载试验之间的时延不超过 24 h。

测量时间应当足够短, 以免由于加热而使功率损耗增加。

8.5.3 试品的热耗散特性

8.5.3.1 总则

在动作负载试验中, 试品的性能在很大程度上取决于试品散热能力, 即泄放能量后冷却下来的能力。

因此若能从试验中获得准确的数据, 则试品应具有等价于整只避雷器的瞬态和稳态的散热能力以及热容量。在同样的环境条件下, 试品和整只避雷器中的电阻片当承受相同电压时, 原则上应达到相同温度。

8.5.3.2 避雷器比例单元要求

本条规定了一个避雷器比例单元的热模型, 当要求热等价时应遵循:

a) 模型在电性能和热性能上应代表被模拟避雷器工作元件的一部分。

b) 外套应满足下述要求:

1) 材料应与避雷器外套相同。

2) 内径应与避雷器内径相同($\pm 5\%$)。

3) 外套总重量应不大于被模拟避雷器的平均比例单元外套重量的 10%。

4) 外套应足够长, 以容纳避雷器的比例单元, 且两端的绝热量应调整到能满足附录 B 中所规定的热要求。

c) 试品内用于电气连接的电极线尺寸不得大于 3 mm 直径的铜线。

8.5.4 大电流冲击动作负载试验

根据 6.9 要求, 本试验适用于无线路放电等级要求的 1 500 A, 2 500 A, 5 000 A 及 10 000 A 避雷

器以及附录 C 中强雷电负载避雷器。

完整的试验程序见图 1 或附录 C 中图 C.1;

在预备性试验以前,作为动作负载试验的第一部分,应先分别测定 3 只试品(电阻片)在环境温度下的标称放电电流下的雷电冲击残压(见 8.3.2)。

8.5.4.1 预备性试验

预备性试验中,试品应经受 20 次 8/20 雷电冲击电流,其峰值等于避雷器标称放电电流。施加冲击电流时,对试品施加 1.2 倍试品持续运行电压的工频电压。施加的 20 次冲击分为 4 组,每组 5 次,两次冲击之间的间隔时间为 50 s~60 s,两组之间的间隔时间为 25 min~30 min。两组冲击之间,试品无需施加工频电压。冲击电流的极性与施加此冲击时的工频电压半波极性相同。并且冲击应在工频电压峰值前 $60^{\circ}\pm 15^{\circ}$ 内施加。

预备性试验可以在静止空气温度为 $20^{\circ}\text{C}\pm 15\text{K}$ 的敞开空气中对电阻片进行。测出的冲击电流峰值,应为规定值的 90%~110%。

预备性试验后,电阻片应储存起来以备将来在动作负载试验中用(见图 1 及图 C.1)。

8.5.4.2 施加冲击电流

在动作负载试验开始时,比例单元的温度应在 $20^{\circ}\text{C}\pm 15\text{K}$ 范围内。

比例单元应耐受表 10 规定的峰值和波形的大电流冲击 2 次,强雷电负载避雷器应耐受附录 C 中规定的峰值为 40 kA 波形 30/80 冲击 3 次。

表 10 大电流冲击要求

避雷器的等级	电流峰值 4/10 kA
20 000 A	100
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10

注:根据运行条件电流峰值可以取其他值(较低或较高)。

在两次冲击电流之间,比例单元应当在烘箱中预热,使得在施加第二次冲击电流时的温度为 $60^{\circ}\text{C}\pm 3\text{K}$ 。试验应该在环境温度为 $20^{\circ}\text{C}\pm 15\text{K}$ 下进行。

如果由于严重污秽或非正常运行条件认为必须用更高的温度时,经供需双方协商试验可使用更高的温度。

设备调整使得测得冲击电流的值在下列的极限范围内:

- 规定的电流峰值的 90%~110%;
- 视在波前时间从 $3.5\ \mu\text{s}\sim 4.5\ \mu\text{s}$;
- 视在波尾半峰值时间从 $9\ \mu\text{s}\sim 11\ \mu\text{s}$;
- 任何反极性电流波的峰值应该小于电流峰值的 20%;
- 冲击电流上的小的振荡是允许的,只要它们在接近冲击电流峰值时的幅值小于电流峰值的 5%,在这种情况下,为了测量的目的,应该采用平均曲线来确定峰值。

预备性试验及随后的大电流冲击应该施加相同的极性。

附录 H 叙述了可供使用的典型试验回路。

在最后一次大电流冲击后,应尽可能快且在不大于 100 ms 内向试品施加 10 s 升高的额定电压 (U_r^*),然后再接着施加 30 min 升高的持续运行电压 (U_r^*) (见 8.5.2),以证明热稳定或热击穿。

注:为了再现实际系统条件,应该是在试品施加电压 U_r^* 时,施加第二次大电流冲击,鉴于实际的试验回路的限制允许 100 ms。

每次冲击应记录电流波形。同一试品的电流波形不应出现显示试品击穿或闪络的差异。

在施加升高的持续运行电压(U_r^*)期间,应连续记录试品电流值。

在施加工频电压期间,应监测电阻片温度或电流阻性分量或功率损耗,以证明热稳定或热崩溃(见 8.5.6)。

在完成整个试验程序且在试品冷却到接近环境温度后,重复试验程序开始时的残压试验。

如达到热稳定,试验前后测得的残压变化不大于 5%,且试验后检查试品,电阻片无击穿、闪络或破碎痕迹,则认为避雷器通过了本试验。

8.5.5 操作冲击动作负载试验

根据 6.9 要求,本试验适用于有线路放电等级要求 5 000 A、10 000 A 及 20 000 A 避雷器和并联补偿电容器用避雷器。

完整的试验程序见图 2。

本操作冲击动作负载试验前,在环境温度下应分别测定 3 只试品(电阻片)在标称放电电流下的雷电冲击残压(见 8.3.2)。

试品应做适当地标记,以保证在下述试验中施加正确的极性。

8.5.5.1 预备性试验

预备性试验中的第一部分,试品应经受 20 次峰值等于避雷器标称放电电流而波形为 8/20 的雷电冲击电流(按 3.17)试验。施加冲击时,试品应施加 1.2 倍试品持续运行电压的工频电压。施加的 20 次冲击分为 4 组,每组 5 次。两次冲击间隔时间应为 50 s~60 s,两组之间的间隔时间为 25 min~30 min。在两组间试品无需施加工频电压。冲击电流极性应与施加此冲击时的工频电压半波极性相同,并且冲击应在工频电压峰值前 $60^\circ \pm 15^\circ$ 内施加。

预备性试验第一部分可以在静止空气温度为 $20^\circ\text{C} \pm 15\text{K}$ 的敞开空气中对电阻片进行。

预备性试验第二部分是施加两次表 10 规定的大电流冲击,见 3.31。测出的冲击电流峰值应为规定峰值的 90%~110%。

在预备性试验后,试品应贮存,以备进行操作冲击动作负载试验时使用。

8.5.5.2 施加冲击

在操作冲击动作负载试验开始时,即在施加两次长持续时间电流冲击之前,比例单元的温度应为 $60^\circ\text{C} \pm 3\text{K}$,而环境温度应为 $20^\circ\text{C} \pm 15\text{K}$ 。

如果由于严重污秽或非正常运行条件认为必须用更高温度时,经供需双方协商,试验可使用更高的温度。

避雷器比例单元要耐受两次按表 7 中相应的线路放电等级所规定的长持续时间电流冲击。两次冲击的间隔时间应为 50 s~60 s。长持续时间电流冲击的极性应与预备性试验中电流冲击的极性相同。

在第二次长持续时间电流冲击后,比例单元应与线路脱离,并应尽可能快而在不超过 100 ms 内与工频电源接通。然后再向试品施加按 8.6.2 所述的加速老化程序确定的升高的额定电压(U_r^*),然后再接着施加 30 min 升高的持续运行电压(U_r^*),以证明热稳定或热崩溃。

注:为了再现实际系统条件,应该在试品施加电压 U_r^* 时,施加第 2 次长持续时间电流冲击,鉴于实际的试验回路的限制,100 ms 是允许的。

在施加第 2 次长持续时间电流冲击时,应用示波器记录加在试品两端的电压和通过试品的电流。施加第 2 次操作时通过试品所耗散的能量应根据示波图中电压和电流来确定。且应把能量值记录在型式试验报告中。在施加工频电压期间应连续记录电压和电流。

在施加工频电压期间应监测电阻片的温度或电流阻性分量或功率损耗,以证明热稳定或热崩溃。

在完成整个试验程序且在试品冷却到接近环境温度后,重复试验程序开始时的残压试验。

如果达到热稳定(见 8.5.6),试验前后测得的残压变化不大于 5%,且试验后检查试品,电阻片无击穿、闪络或破碎痕迹时,则认为避雷器通过了本试验。

8.5.6 动作负载试验中热稳定的评价

对于各类避雷器在图 1、图 2 和附录 C 的图 C.1 所示程序中,至少在施加 U_r^* 的最后 15 min 期间内,如果漏电流的阻性分量峰值或功率损耗或电阻片的温度稳定地降低,则认为经受动作负载试验的避

雷器比例单元是热稳定的,且认为通过了本试验。

施加电压的稳定性和环境温度的变化对漏电流的阻性分量有很大影响。因此,在某些情况下,在施加电压 U_* 结束时,仍不能明确地判断避雷器是否热稳定。如果出现这种情况,施加电压 U_* 的时间应延长,直到能够确认电流或功率损耗或温度稳定降低为止。如果在施加电压 3 h 以后,电流或功率损耗或温度尚未观察到明显增加趋势,则认为比例单元是稳定的。

8.6 避雷器脱离器/故障指示器的试验

8.6.1 通则

在本程序中,术语“脱离器/故障指示器”既可以是脱离器也可以是故障指示器,不论那一种装置,都与避雷器共同使用。

本试验应在装有避雷器脱离器/故障指示器的避雷器上进行。设计的脱离器/故障指示器在正常安装时不致受到避雷器邻近零件发热的影响时,可对脱离器/故障指示器单独进行试验。试品应按制造厂推荐的方法安装,连接线须采用推荐的最大尺寸和刚性以及推荐的最短长度。在无推荐时,导线应为冷拔裸铜线,直径约为 5 mm,长约 30 cm,且安装得使脱离器/故障指示器在动作时能自由移动。

8.6.2 冲击电流试验及动作负载耐受试验

如 8.4 和 8.5 所述,对于内装式脱离器/故障指示器,试验应与避雷器试验同时进行。如果脱离器/故障指示器设计成避雷器的附件或者作为附件插接在导线或地线之中,试验可单独进行或与避雷器试品同时进行。脱离器/故障指示器对下述每种试验应能耐受而不发生动作。每项试验均须使用 3 只新试品。

8.6.2.1 长持续时间冲击电流试验

本试验按 8.4 进行,试验电流峰值和持续时间应是脱离器设计所能配用的避雷器中的最高等级,见表 6 及表 7。

8.6.2.2 动作负载试验

本试验应按 8.5 进行。脱离器/故障指示器试品与避雷器比例单元试品串联,且被试避雷器比例单元是设计使用脱离器/故障指示器的各种避雷器中参考电流最大的那种设计。

8.6.3 脱离器动作

8.6.3.1 安秒曲线试验

安秒曲线的数据应由流经脱离器试品(按 8.6.1 带或不带避雷器)的 3 个不同的对称起始电流水平得出。对中性点有效接地系统电流为 20 A、200 A 和 800 A 工频电流有效值 $\pm 10\%$,对中性点非有效接地系统电流为 100 mA、1 A 和 20 A 工频电流有效值 $\pm 10\%$

对于受相连避雷器内发热影响的脱离器试验,应将内部电阻片用直径 0.08 mm~0.13 mm 裸铜线旁路,以引发内部电弧。

对于不会受相连避雷器动作影响的脱离器试验,如避雷器安装脱离器,则应将避雷器的电阻片用直径足够大的导线并联或代替,以保证导线在试验时不会熔断。

试验电压可以是任何适当值,只要足以维持电流以电弧形式流过避雷器元件,并且足以引起和保持脱离器赖以动作的任何间隙燃弧。但试验电压不应大于设计带有脱离器的避雷器最低的额定电压。

首先应调整试验回路的参数,试品用阻抗可忽略不计的连线短路,以产生所需要的电流值。合闸开关应整定在电压峰值附近的几个电气角度内接通回路,以产生近似对称电流。可以设置分闸开关,以备调整流过试品的电流时间。当持续时间不需要准确控制时,分闸开关可省去。试验回路参数调整后,短路试品的导线即可拆除。

电流值应保持在所要求的数值,直到脱离器发生动作为止。对 3 种电流数值中的每一种,至少应试验 5 只新试品。

对所有被试试品,应以流过试品的电流有效值和对应的脱离器开始脱离的时间绘制成曲线。脱离器安秒曲线是由以表示最大脱离时间的各点画成的光滑曲线构成。

对于具有明显的动作时延的脱离器,做安秒特性试验应控制电流流经试品的时间,以确定 3 种电流

值中的每一种电流下都能导致使脱离器成功动作的最小持续时间。安秒曲线上所采用的点,在5次正式试验中,必须每次都成功动作。如果5次中仅有1次未成功动作,允许用同样电流值及持续时间再加试5次,这5次均应成功动作。

8.6.3.2 脱离器性能的评价

装置应能给出有效和永久脱离的明显证明。如果装置对此不能明确地证明,则对脱离器施加工频电压,其值等于安装此脱离器的避雷器最高额定电压1.2倍,持续1 min,流过脱离器的电流不应超1 mA有效值。

8.6.4 故障指示器动作

正在考虑之中。

8.7 短路试验

8.7.1 总则

依据制造厂宣称的避雷器额定短路电流值,按照本条款进行短路试验。试验应表明避雷器的故障不会导致剧烈炸开,并且在规定的时间内使发生的明火(如有的话)自动熄灭。每种避雷器需进行4个短路电流值的短路试验。如果避雷器装配了其他装置以代替常规压力释放装置,试验时应包括该装置。

短路试验电流的频率应在48 Hz和62 Hz之间。

关系到避雷器的短路电流特性,区分两种避雷器设计是非常重要的。

——“设计A”避雷器是一种沿避雷器元件的整个长度都有气体释放通道的设计,并且内部气体容积 \geq 除内部功能元件外剩余内部容积的50%;

——“设计B”避雷器是一种没有封闭气体的实心设计,或者内部气体容积 $<$ 除内部功能元件外剩余内部容积的50%。

注1:通常来说,“设计A”避雷器是指瓷外套避雷器;或者是用带压力释放装置的复合空心绝缘子装配的复合外套避雷器;或者在复合外套上预制薄弱点制造的避雷器,在规定的压力下破裂或者弹开以降低内部压力。

通常来说,“设计B”避雷器没有任何压力释放装置,是没有封闭气体容积的实心类型。如果电阻片发生电气故障,避雷器内部产生电弧。该电弧引起严重汽化并且可能引起避雷器外套和(或)内部材料烧毁。这种避雷器的短路特性取决于它本身对由于电弧的影响发生外套破裂或撕开的控制能力,以避免剧烈爆破。

注2:“功能元件”指非线性金属氧化物电阻片和与之直接串联的任何金属垫块。

根据避雷器类型和试验电压,对于试品数量、短路电流触发和第一个短路电流峰值有不同的要求。表11给出了这些要求的摘要,它会在下列条款中进一步说明。

注3:经供需双方协商后,试验程序可以进行修改,例如重合闸操作的次数。对于这些特殊的试验,试验程序和接收判据应经供需双方同意。

8.7.2 试品准备

大电流试验时,对于每个不同的避雷器设计,试品应是具有最高额定电压和最长的避雷器单元。

小电流试验时,对于每个不同的避雷器设计,试品应是具有最高额定电压任何长度的避雷器单元。

注1:图4所示为不同避雷器单元的例子。

如果要求使用熔丝,熔丝的材料和尺寸的选择应使熔丝在短路电流开始后第一个相位角为 30° 内熔化。

注2:为使熔丝在规定的时间内熔化以及点燃电弧创造合适的条件,通常推荐采用低电阻材料(例如铜、铝或银)的熔丝,其直径为0.2 mm至0.5 mm。大一些截面积的熔丝适合避雷器进行大电流短路电流试验。当电流触发有问题时,可以采用大直径的熔丝但直径不能超过1.5 mm,这样可以帮助电弧的形成。在这种情况下,特别的熔丝或许有用,该熔丝沿避雷器大部分长度上具有较大的横截面积,在避雷器中有一段短的细截面。

8.7.2.1 “设计A”避雷器

试品应以使用熔丝来导通短路电流的方式准备。熔丝应沿着并紧贴电阻片表面,并且设置在气体通道内或者尽可能的靠近气体通道。应将所有的避雷器内部功能元件进行短路。试验中熔丝的实际位置在报告中应该注明。

在试品的准备上,瓷外套避雷器和复合外套避雷器没有什么不同。然而在试验程序上有些不同(见8.7.4.2)。在这种情况下,带有同瓷一样脆的非瓷制复合伞裙以及其他空心绝缘子的“设计A”避雷器应该考虑按瓷外套避雷器进行试验。

8.7.2.2 “设计B”避雷器

带有同瓷一样脆的非瓷制复合伞裙以及其他机械支撑结构的“设计B”避雷器,考虑按瓷外套避雷器进行试验。

8.7.2.2.1 复合外套避雷器

没有必要特殊准备,应用标准避雷器单元。避雷器单元用工频过电压进行电气的预故障。过电压应施加在完整的避雷器装配单元上。在预故障击穿和实际短路电流试验之间单元不能有任何物理改变。

制造商提供的过电压应超过1.15倍的 U_c 。该电压应使避雷器在 (5 ± 3) min内发生故障。当电阻片两端的电压降到初始施加电压的10%之下时,可视为电阻片故障。预故障试验回路的短路电流不应超过30A。

预故障试验和额定短路电流试验之间的时间应不超过15min。

注:试品通过使用电压源方法或电流源方法来达到预故障。

电压源方法:典型的初始电流应在 $(5 \sim 10)$ mA/cm²范围内。典型的短路电流应在1A~30A之间。为在规定时间内使电阻片故障,可进行必要小的调整,初始设置后,电压源不需要调整。

电流源方法:典型的来讲,15mA/cm²左右且波动为±50%的电流密度可在规定范围内使电阻片故障。典型的短路电流应在10A~30A之间。为在规定时间内使电阻片故障,可进行必要的小的调整,初始设置后,电流源不需要调整。

8.7.2.2.2 瓷外套避雷器

试品应以使用熔丝来导通短路电流的方式准备。熔丝应沿着并紧贴电阻片表面,并且尽可能的远离气体通道设置。应将所有的内部功能元件进行短路。试验中熔丝的实际位置在报告中应该注明。

8.7.3 试品安装

对于座式安装的避雷器,安装的布置见图5a)和图5b)。从绝缘平台和导线到地的距离应按图5a)和图5b)所示。

对于非座式安装的避雷器(例如,杆塔安装的避雷器),试品应按典型的真实运行安装方式,使用安装支架及金属构件安装在非金属的杆塔上。以试验为目的,安装支架应认为是避雷器基座的一部分。如果上述情况与制造厂的使用说明书不同时,避雷器应当按照制造厂推荐的安装方法。基座和电流传感器之间的全部导线应当有至少1000V的绝缘强度。试品的顶端应装配同避雷器设计一样的基座装置或顶盖。

对于座式安装避雷器,试品的底部部件应安装在同环形或方形围栏等高的试验台上。试验台应为绝缘材料或者当试验台的表面尺寸小于避雷器底部部件时可采用导电材料。试验台和围栏应安装在绝缘平台的顶部,如图5a)和图5b)所示。对于非座式安装避雷器,避雷器的底部采用同样的要求。顶部盖板和除避雷器基座以外的任何其他金属物体之间的电弧距离应该至少为避雷器试品高度的1.6倍,但不低于0.9m。围栏应由非金属材料制成,并且相对于试品轴对称分布。围栏高度应为40cm±10cm,直径(如果是正方形围栏,为边长)应按下式的 D 选取,但最小直径为1.8m。在试验期间,围栏不允许打开或移动。

$$D = 1.2 \times (2 \times H + D_{arr}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

H ——试验避雷器的高度;

D_{arr} ——试验避雷器的直径。

瓷外套避雷器应根据图5a)安装。复合外套避雷器应根据图5b)安装。

除非供需双方达成其他的协议,试品应垂直安装。

注1:在短路试验期间,避雷器的安装,特别是导体的路径必须代表运行中最不利的条件。

图5a)所示路径是在释放压力前试验初始阶段最不利的情况(特别是在避雷器装有压力释放装置的情况下)。试品的位置如图5a)所示,喷弧口朝向试验源方向,这样可导致所产生的外部电弧比其他方向更靠近外套。结果相对于喷弧口朝向其他方向的情况,热和振动作用可导致瓷伞裙过度崩炸和脱落。然而,在电弧持续期间,该路径强迫电弧离开避雷器,这样减少避雷器着火的危险。着火的危险和试验的初始阶段一样重要,特别是外套的外部为复合材料的避雷器。

如图5b)所示,对于所有复合外套避雷器,接地导线的方向应和高压进线的方向相反。这样在短路电流的整个持续时间期间,电弧将靠近避雷器。这样就创造了关于着火危险的最不利的条件。

注2:如果由于试验室空间的限制,不能设置规定尺寸的围栏时,制造商可选择较小的围栏尺寸。

8.7.4 大电流短路试验

三只试品的试验电流值应基于表12所列的额定短路电流值进行选择。所有的三只试品应根据第8.7.2条进行准备,并且根据8.7.3进行安装。

试验应在单相试验回路进行,根据8.7.4.1该试验电路应具有77%~107%避雷器额定电压的开路电压。然而,对高压避雷器做试验时,试验站可能会没有足够的短路功率在77%或更高的试品额定电压下进行这些试验。因此,8.7.4.2给出降低电压下进行大电流短路试验的替代程序。测出的在电路中流过试验电流的总时间应当 ≥ 0.2 s。

注:由瓷外套避雷器的经验表明,在额定电流下的试验不能证实在较低的电流下也具有可接受的性能。

8.7.4.1 空载电压大于或等于77%额定电压的大电流短路试验(77%~107%的额定值)

首先测量预期电流,应用被短路的避雷器或用阻抗可忽略的固体连杆代替避雷器进行试验。

该试验的持续时间应当限制到足以测量预期电流波形峰值及对称分量所需的最少时间。

对于“设计A”避雷器的额定短路电流试验,预期电流的第一个半波峰值应至少为预期电流对称分量有效值的2.5倍。随后的对称分量有效值应当等于或大于额定短路电流。试验电流为预期电流峰值除以2.5,但预期电流对称分量的有效值可能更大。由于大的预期电流,避雷器可能会遭受更为严格的负荷,因此X/R比率小于15的试验应得到制造商的同意。

对于“设计B”避雷器的额定短路电流试验,预期电流的第一个半波峰值应至少为有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

对于降低的试验电流,其有效值应根据表12,并且预期电流的第一个半波峰值应至少为该电流有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

检查预期电流后应拆除固体短路连接板,并在相同的电路参数下进行避雷器试品的试验。

注1:限制避雷器内部电弧的电阻,可能会降低测量的电流对称分量有效值及峰值。这不会使得试验无效,因为试验至少在标称运行电压下进行的,对试验电流的影响应当与实际运行故障时的情况是一样的。

注2:试验回路阻抗的X/R比率,在没有避雷器连接时,应至少为15。如果试验回路阻抗的X/R比率小于15,可以增加试验电压或减少阻抗使得:

——对于额定短路电流,预期电流的第一个半波峰值等于或者大于要求试验电流水平的2.5倍。

——对于减少的短路电流水平试验,符合表12公差。

8.7.4.2 空载电压低于77%额定电压的大电流短路试验

当试验回路电压小于试品额定电压的77%时,试验回路参数应按下面的方法进行调整,要求实际避雷器试验电流的对称分量应等于或者超过8.7.4中规定的试验电流水平。

对于“设计A”避雷器的额定短路电流试验,实际避雷器试验电流的第一个半波峰值应至少为实际避雷器试验电流对称分量有效值的2.5倍。随后的对称分量有效值应当等于或大于额定短路电流。试验电流定义为预期实际避雷器试验电流峰值除以2.5,但实际避雷器试验电流对称分量的有效值可能更大。

除了在额定短路电流下的试验,下列要求仅对于“设计A”复合外套避雷器(见8.7.2.2复合外套和瓷外套避雷器的定义)是有效的:如果试品的额定电压高于150 kV并且第一个波峰值不能达到额定短路电流的2.5倍,应用附加试品进行试验。该附加试品应根据8.7.4.1或8.7.4.2进行试验。该试品的额定电压值 ≥ 150 kV并且不能短于实际避雷器设计的最短避雷器单元。额定短路电流值应是最长

单元进行试验的最小电流有效值,电流有效值的定义是根据 8.7.4.1 或者 8.7.4.2 在最小的 150 kV 额定单元上试验而得。上述试验写入报告中。

对于在额定短路电流下试验的“设计 B”避雷器,实际避雷器试验电流的第一个半波峰值应至少是有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

对于所有降低的短路电流的有效值应按照表 12 规定,实际避雷器试验电流的第一个半波峰值应至少是该电流有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

注 1: 特别是尺寸大避雷器在低百分比额定电压下的试验,很难得到 2.5 倍的第一个非对称峰值电流,除非考虑特殊的试验可能性。因此为得到额定短路电流,可能增加试验的有效值电压或者减少阻抗使试验电流的第一个半波峰值等于或者大于 2.5 倍的要求试验水平。如果用发电机进行试验,通过改变发电机的励磁也可以得到 2.5 倍要求试验电流的第一个峰值。试验开始后小于 2.5 周波内,电流应减少到要求的对称值。试验电流定义为试验电流的实际峰值除以 2.5,但实际避雷器试验电流对称分量的有效值可能更大。因为高的试验电流,避雷器试品可能遭受更为严酷的负载,因此在 X/R 小于 15 的条件下试验应得制造商的同意。

注 2: 对于“设计 B”复合外套避雷器,除非考虑特殊试验设备,即使是第一个电流峰值的 $\sqrt{2}$ 倍也不容易得到。预故障避雷器能建立相当大的电弧电阻,其限制流过避雷器的对称电流。因此推荐在预故障后试品冷却之前,尽可能快地进行短路试验。

因此,对于预故障避雷器,推荐在施加短路电流前通过重复进行预故障以确保避雷器表现为完全地低电阻特性,或者相类似的,在最大电流持续 2 s 时间内,回路立即施加短路电流(见图 6)。增加预施加回路的短路电流至 300 A(r. m. s)是可以接受的。如果这样,在该电流幅值下的最大持续时间应不超过下列值:

$$t_{\text{rpf}} \leq Q_{\text{rpf}} / I_{\text{rpf}}$$

式中:

t_{rpf} ——重复预故障时间, s;

Q_{rpf} ——重复预故障电荷=60 As;

I_{rpf} ——重复预故障电流, A(r. m. s)。

8.7.5 小电流短路试验

试验可以在任何能够产生通过避雷器试品电流等于 600 A \pm 200 A(r. m. s)的试验回路上进行,该电流值是在电流开始流过避雷器后约 0.1 s 时测得的。电流应持续流过 1 s 或对于“设计 A”瓷外套避雷器直到压力释放发生。

8.7.6 的注 2 提出了关于避雷器压力释放后的处置。

8.7.6 试验结果评估

如果满足下列 3 种判据可视为试验通过:

- a) 无强烈的粉碎性爆炸
- b) 试品的部件应不允许在围栏外找到,除非:
 - 瓷材料碎片每片小于 60 g,如金属氧化物电阻片或瓷套碎片;
 - 压力释放盖板和防爆膜;
 - 复合材料的柔软部件。
- c) 避雷器应在试验后 2 min 内自动熄灭明火。任何喷出的部件(围栏内或外)必须在 2 min 内自动熄灭明火。

注 1: 满足判据 b 和判据 c 的试品结构失效是允许的。

注 2: 如果避雷器在试验结束时没有明显的压力释放应小心,因为试验后外套可能还有压力。该注适用于所有的电流水平,但特别适用于短路试验的低电流试验。

注 3: 对于喷出部件自熄灭明火的更短持续时间可由供需双方协商同意。

注 4: 对于避雷器故障后仍然要求机械完整及具有一定强度的情况,试验程序和评估可由供需双方共同协商确定(例如,可能要求试验后的避雷器应能利用顶部将它举起并移动)。

表 11 试验要求

		第一个电流峰值与表 12 要求的短路电流有效值的比率					
		试验电压: U_1 的 77% 至 107%		试验电压: $<U_1$ 的 77%			
		额定短路电流	降低的短路电流	小短路电流	额定短路电流	降低的短路电流	小短路电流
“设计 A”瓷外避雷器	4	预期电流: ≥ 2.5 实际电流: 不要求	预期电流: $\geq \sqrt{2}$ 实际电流: 不要求	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: ≥ 2.5	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$
		熔丝沿金属氧化物电阻片表面;在气体通道内或者尽可能接近	熔丝沿金属氧化物电阻片表面;在气体通道内或者尽可能接近	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: ≥ 2.5 或: 实际电流: $\geq \sqrt{2}$ 在最长的单元和在 $U_1 \geq 150$ kV 的单元	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$
“设计 B”瓷外套避雷器	4	预期电流: ≥ 2.5 实际电流: 不要求	预期电流: $\geq \sqrt{2}$ 实际电流: 不要求	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$
		熔丝沿金属氧化物电阻片表面;尽可能远离气体通道	熔丝沿金属氧化物电阻片表面;尽可能远离气体通道	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$
“设计 B”复合外避雷器	4	预期电流: ≥ 2.5 实际电流: 不要求	预期电流: $\geq \sqrt{2}$ 实际电流: 不要求	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$
		通过恒压或恒流源进行预故障	通过恒压或恒流源进行预故障	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$	实际电流: $\geq \sqrt{2}$

表 12 短路试验要求的电流值

单位为安培

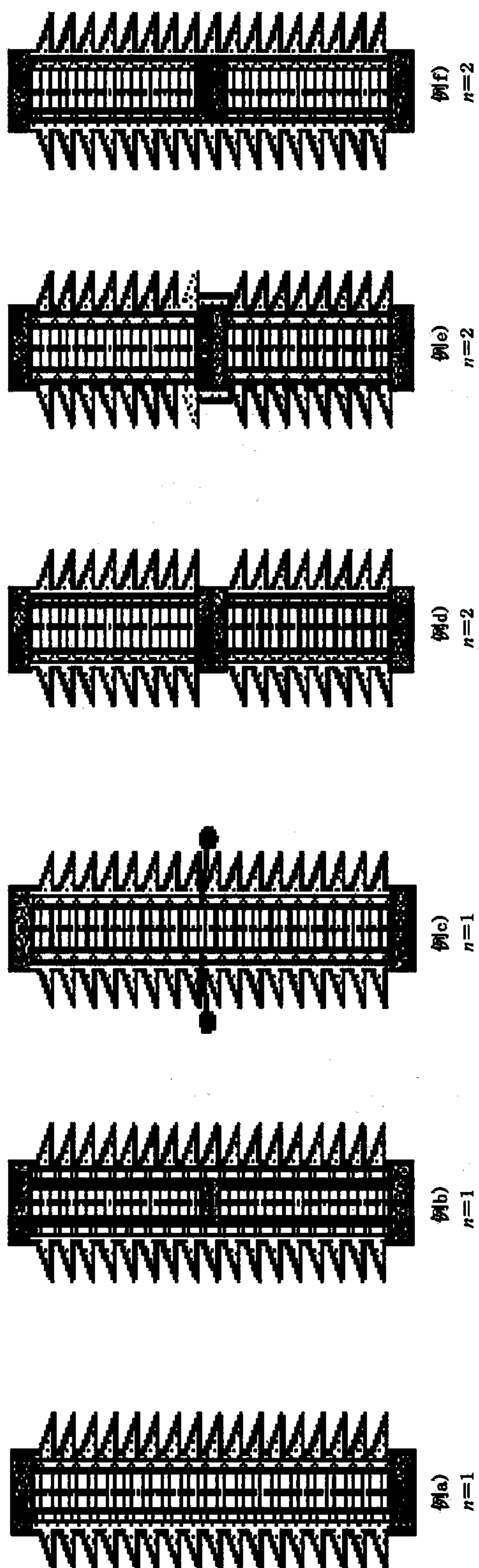
避雷器等级=标称放电电流	额定短路电流 I_s	降低的短路电流±10%		持续时间为1 s ^a 的小短路电流
20 000 或 10 000	80 000	50 000	25 000	600±200
20 000 或 10 000	63 000	25 000	12 000	600±200
20 000 或 10 000	50 000	25 000	12 000	600±200
20 000 或 10 000	40 000	25 000	12 000	600±200
20 000 或 10 000	31 500	12 000	6 000	600±200
20 000、10 000 或 5 000	20 000	12 000	6 000	600±200
10 000 或 5 000	16 000	6 000	3 000	600±200
10 000、5 000、2 500 或 1 500	10 000	6 000	3 000	600±200
10 000、5 000、2 500 或 1 500	5 000	3 000	1 500	600±200

注 1: 对于同种类型避雷器,如果按表 12 已经证明一种额定电流是合格,要证明较高的额定电流是合格的,只需在新的额定值进行试验。任何外推只能将额定短路电流上升两级。

注 2: 如果一种新型的避雷器要求证明高于本表所列的额定电流值是合格的,应该在其建议的额定电流、50%额定电流和 25%额定电流下进行试验。

注 3: 对于同种类型避雷器,如果按表 12 已经证明一种额定电流是合格,则可认为它已通过了任何低于此额定电流的其他额定电流试验。

^a 对于将安装于谐振接地或中性点不接地系统的避雷器,经由供需双方达成协议后,可将试验持续时间增加超过 1 s,直至 30 min,这时小短路电流应当降低至 50 A±20 A。对于这类特殊的试验,其试验样品及验收的判据应通过供需双方协商确定。



- 例a) 一只机械和电气无件
- 例b) 由外套提供最终的机械强度，其内部装有两个机械组件
- 例c) 一只机械元件，其外套的中间罩有均压元件
- 例d) 由两只独立外套各自安装的两只机械元件
- 例e) 提供最终机械强度的两只机械元件，中间的法兰包裹着柔软绝缘材料
- 例f) 提供最终机械强度的两只机械元件，外部是一个完整的外套

n.....元件数






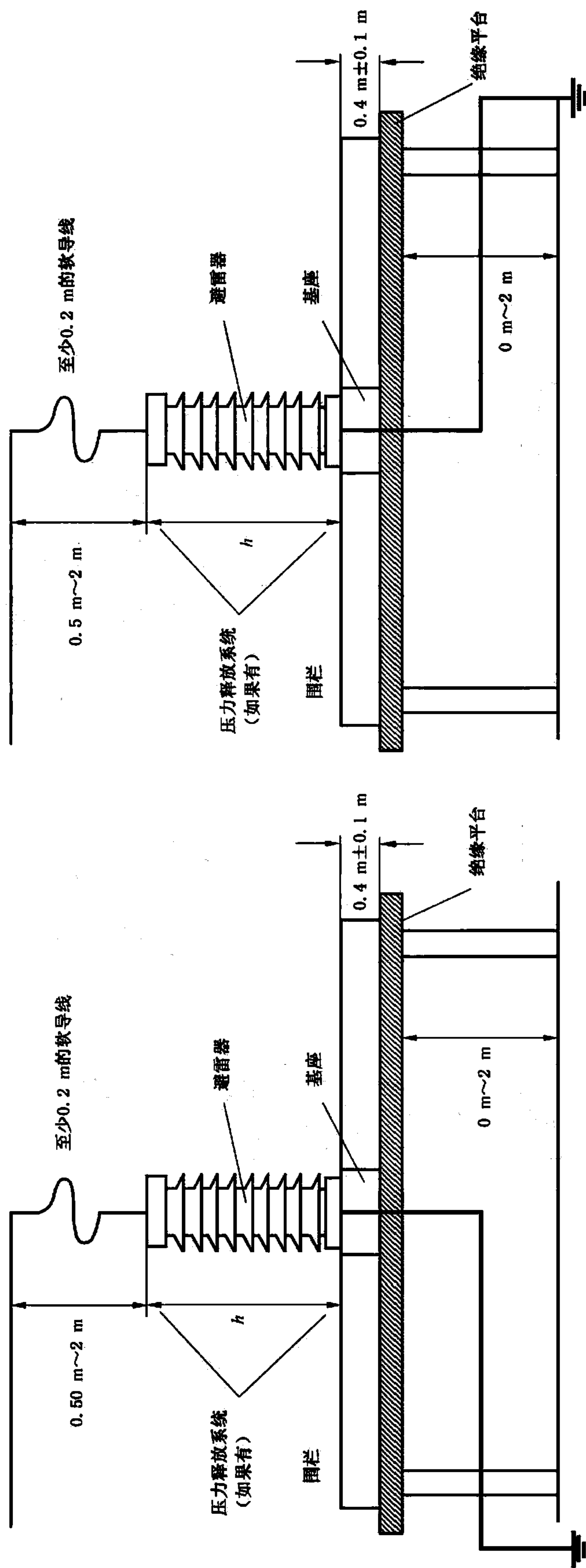
-  金属氧化物元件
-  金属部件
-  装配的机械结构
-  外套的最终承担机械的部件
-  外套的外部柔软部件

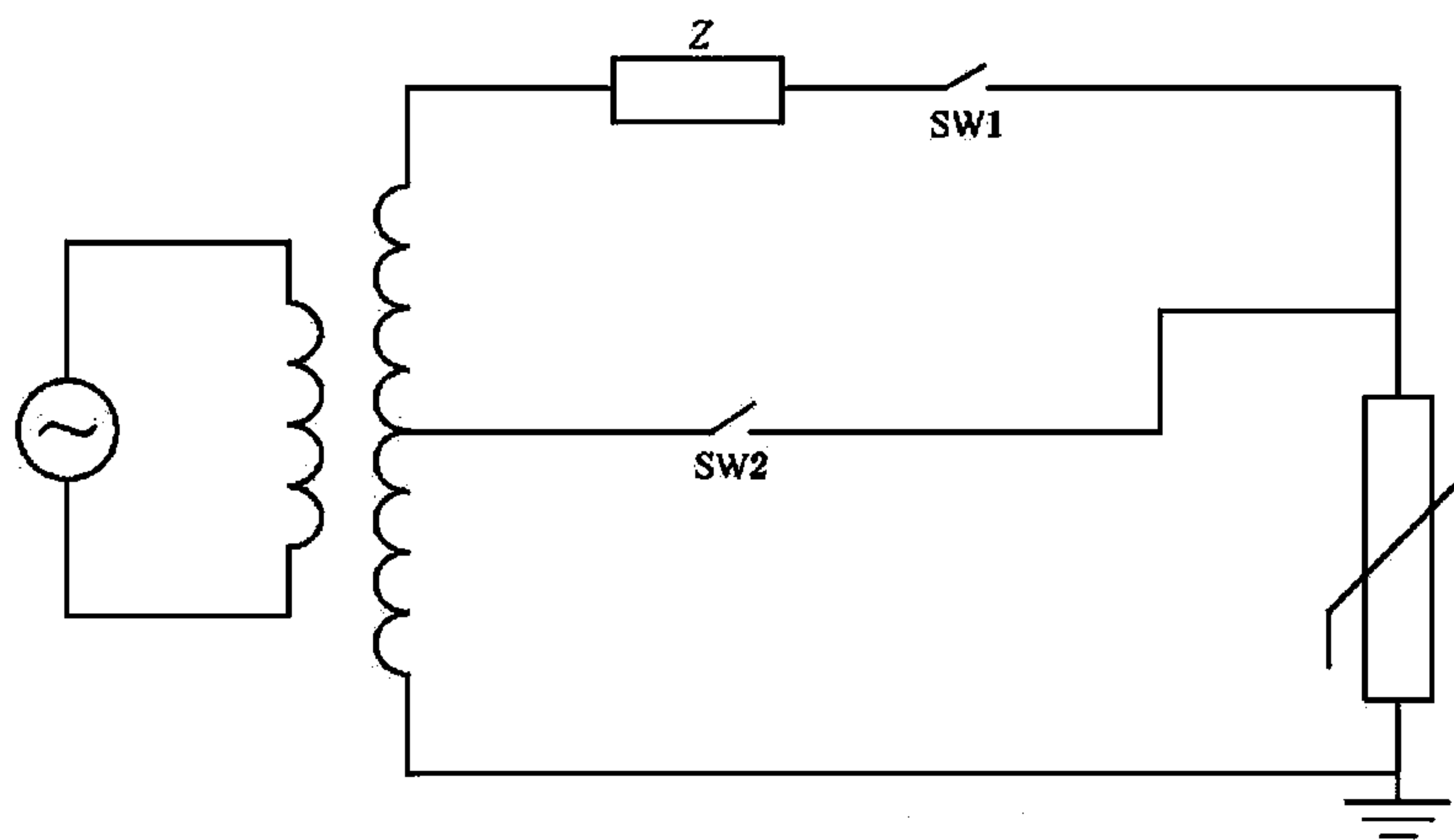
图 4 避雷器单元图例



a) 瓷外套避雷器试验回路布置
(所有引线和压力释放系统在同一平面上)

b) 复合外套避雷器试验回路布置
(所有引线和压力释放系统在同一平面上)

图 5 短路试验布置



注：当 SW1 闭合并且 SW2 打开时，提供预故障电流水平（最大值为 30 A，由阻抗 Z 来限制）。最大电流值持续 2 s 后，SW2 闭合导致短路电流流过试品。

图 6 对于重复施加预故障后立即施加短路电流的试验回路实例

8.8 内部局部放电试验

型式试验应在整只避雷器上进行，并按实际运行情况安装。

经供需双方同意，型式试验可以在避雷器元件上进行。此时，应该对避雷器最长的电气元件进行试验，如果其不代表避雷器单位长度最高的电压应力，应该对具有最高电压应力的元件进行附加试验。

试验时，试品可以采取屏蔽措施以防止外部的局部放电。

注：防止外部局部放电采取的屏蔽措施不应影响避雷器的电压分布。

试验时，施加在试品上的工频电压应升至额定电压，保持 2 s~10 s，然后降到试品的 1.05 倍持续运行电压，在该电压下，按照 GB/T 7354—2003 规定测量局部放电，测得的内部局部放电值不应超过 10 pC。例行试验时，生产商可在额定电压或者更高电压下进行局部放电测量，而不用减低试验电压，以提高试验效率。

例行试验时，内部局部放电试验可以在整只避雷器或避雷器元件上进行，也可采用其他灵敏的方法检验每只避雷器或避雷器元件的局部放电。

8.9 弯曲负荷试验

8.9.1 总则

本试验验证避雷器耐受制造厂宣称的弯曲负荷值的能力，通常，避雷器不是设计用于扭转负荷的，如果避雷器要受到扭转负荷，经供需双方同意，需要进行特殊扭转负荷试验。

本试验适用于所有具有一个线路放电级别及底座安装的避雷器。这些避雷器包含一个或几个元件，它们将用到系统最高电压。

试验应该对整只避雷器或避雷器元件进行。试样应该直立安装，它们应该采用它们通常的安装方法安装在试验设备的安装面上，负载应该施加到避雷器的自由端。负载应该通过避雷器的纵轴并且垂直于它，且在具有最低机械强度的方向（避雷器的初始位置，纵轴在垂直方向）。制造厂应该给出有关最低机械强度的资料。

当避雷器含有多于一个元件，或当避雷器的两端具有不同的规定的弯矩值时，应该用按照 M.1 节确定的负荷值来进行试验以评价每一个不同的弯矩值。

试验负荷应该为最大允许动态工作负载(MPDSL)，即 M.3 节的 100% 值。

试验应该在没有任何内部压力的情况下进行。

注：复合绝缘外套避雷器还要附加进行潮气浸入试验(见 10.8.13)，在该试验中要在不同温度下，在不同方向施加最大持续抗弯负荷。

试验时，将避雷器按实际运行情况安装，对其顶端施加与避雷器轴线垂直的负荷。避雷器应能承受

住顶端最大允许水平拉力与风压力折算到顶端的集中作用力之和的 2.5 倍的负荷而不破坏。具体试验方法应符合 GB/T 775.3—2006 的规定。

如果避雷器是由若干元件组成,此试验允许在元件上进行,但必须与整只避雷器等价。

8.9.2 样品准备

试品应包含所有内部部件。

试验前,每只试品都要进行密封泄漏检测和内部局部放电试验。

8.9.3 试验步骤

在 30 s~90 s 之内,把弯曲负荷慢慢增加到试验负荷。到达试验负荷后,应保持 60 s~90 s。此时测量偏移。然后平稳释放负荷并记录残余偏移。

注:应注意,因为施加拉力时避雷器的外套可能会破碎。

8.9.4 试验评价

如果满足下列条件,就认为该避雷器是合格的:

- 无可见的机械损伤;
- 拉力-偏移曲线是连续光滑的;
- 去掉弯曲负载后外套的残余偏移保持在施加弯曲负载前外套总高的±5%之内。

注:±5%这个值仅做参考,仍处于研究之中。

- 试验后密封泄漏检测合格;
- 试验后内部局部放电水平不超过规定值。

8.10 环境试验

8.10.1 概述

环境试验通过加速试验程序验证避雷器的密封机械性能和避雷器的外露金属件没有受环境条件的损伤。

只是尺寸不同、而结构设计和材料都相同的避雷器被认为是同类避雷器。

对于内部有封闭的气体和独立密封系统的避雷器来说,内部部件可以省略。

如下规定的试验(见 8.10.3)应依次在一只避雷器上进行。

首先应进行温度循环试验。

8.10.2 样品准备

试验前,试品要进行密封泄漏检测。

8.10.3 试验程序

8.10.3.1 温度循环试验

按照 GB/T 2423.22—2002 进行试验。

高温至少为+40℃,但不超过+70℃。低温至少为高温周期内实际施加的温度以下 85 K,但是低温的最低温度不能低于-50℃。

- 温度变化梯度:1 K/min;
- 每个温度等级持续时间:3 h;
- 循环次数:10 次。

8.10.3.2 二氧化硫试验

该试验按照 IEC 60068-2-42:2003 中的第 4 章和第 6 章进行:

- 二氧化硫浓度: 25×10^{-6} ($\pm 5 \times 10^{-6}$) (体积/体积);
- 试验持续时间:21 天(20 个循环,每次 24 h)。

8.10.3.3 盐雾试验

该试验按照 GB/T 2423.17—1993 中的第 4 章和 7.6 进行:

- 盐溶液浓度:重量的 5%±1% (重量);

——试验持续时间:96 h。

8.10.4 试验评价

试验前的测量要重复进行。如果测量结果符合下列条件,就认为该避雷器是合格的:

——无明显的机械损坏;

——试验后的密封泄漏检测合格。

8.11 密封泄漏试验

8.11.1 总则

该试验验证避雷器整个系统的气密性/水密性。

该试验要在一个完整的避雷器元件上进行。内部元件可以省略。如果避雷器包含有在密封系统方面有差异的元件,将要对每个代表不同的密封系统的元件进行该试验。

8.11.2 试品准备

试品是新的和清洁的。

8.11.3 试验程序

生产商可以采用任何灵敏方法测量避雷器整个密封系统的密封泄漏率。试验时建议采用氮质谱检漏仪检漏法(漏气率要求小于 $6.65 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{L/s}$)、抽气浸泡法、热水浸泡法进行试验,具体试验方法可按 JB/T 7618—1994 进行。

8.11.4 试验评估

最大密封泄漏率(见附录 M.4)应低于: $6.65 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{L/s}$

注:该型式试验提供了有关密封系统有效性的信息,因此非常灵敏。对于验证避雷器是否正确组装的例行试验来说,可采用较高的密封泄漏率值,以减少生产期间的试验工作。

8.12 无线电干扰电压(RIV)试验

本试验适用于额定电压 84 kV 以上的户外避雷器。

型式试验应在整只避雷器上进行,并按实际运行情况安装。对于同一类型避雷器,该试验应在最长的具有最高额定电压的避雷器上进行。

注1:由于沿整只避雷器的电位分布是非线性的,所以只对避雷器元件、部件或单元进行试验是不够的。

注2:对本项试验来说,同一类型的避雷器指具有相同的均压环配置。

准备进行试验的避雷器应是完全组装好的,包括制造厂要按标准设备供应的配件(导线和接地端子,均压环等)。

试验电压施加在端子和接地底座之间。

避雷器的接地部分应接地,小心避免避雷器、试验回路和测量回路附近接地体或未接地体对测量的影响。

试验接线和其端子不应成为产生比下面指示值高的无线电干扰电压源。

测量电路应符合国际无线电干扰特别委员会(CISPR 16-1:1999)的规定。测量电路应优先调到 0.5 MHz 的 10% 以内,但 0.5 MHz~2 MHz 范围内的其他频率也可使用,应该记录测量频率。结果以微伏表示。

如果使用与 CISPR 出版物规定的不同的测量阻抗,应不大于 600 Ω 。在任何情况下,相位角不应超过 20°。假设所测电压与阻抗成正比例,就可计算出相对于 300 Ω 时的等值无线电干扰电压。

滤波器 F 应有高的阻抗,至少从被试避雷器看去,高压导体和地面之间的阻抗不会明显地分路。该滤波器还减少了试验电路中的无线电频率回路电流,该电流是由高压变压器或由外部电源产生的。已经找到在测量频率下,合适的阻抗值为 10 000 Ω ~20 000 Ω 。

要使用一些方法以确保背景无线电干扰水平(由外部电场以及当以全部试验电压激磁时由高压变压器所引起的无线电干扰水平),最好低于要被试避雷器的规定的无线电干扰水平 10 dB,至少低 6 dB。测试仪器的校正方法在 CISPR 18-2:1986 中给出。

因为无线电干扰水平可能会受沉降在绝缘子上纤维或灰尘的影响,所以测试前允许用干净的布擦拭绝缘子。测试过程中要记录大气状况。我们不知道应用于无线电干扰试验中的校正系数是多少,但我们知道试验可能对较高的相对湿度敏感,如果相对湿度超出 80%,那么试验结果就要受到质疑。

试验时,施加在避雷器上的工频电压应升至它的额定电压,然后在小于 10 s 时间内降低至 1.05 倍持续运行电压。在该电压下,无线电干扰电压应不大于 $2\,500\ \mu\text{V}$ 。

经供需双方同意,也可按下列要求进行试验,试验步骤如下:

将试验电压增加到 $1.15U_c$,然后降到 $1.05U_c$,保持 5 min, U_c 为避雷器的持续运行电压。然后将电压按电压级差降到 $0.5U_c$,再按电压级差升高到 $1.05U_c$,维持 5 min,最后再按电压级差降到 $0.5U_c$ 。每一步都要进行无线电干扰测量,最后电压下降过程中所记录的无线电干扰水平,要画出无线电干扰水平—施加电压的曲线,如此得到的曲线就是避雷器的无线电干扰特性曲线。每一电压级差的幅值约为 $0.1U_c$ 。

如果在 $1.05U_c$ 及所有较低电压级差中的无线电干扰电压水平均不超过 $2\,500\ \mu\text{V}$,那么避雷器就算通过了该试验。

如果相同的避雷器已通过了局部放电试验,就可以免做 RIV 试验。此时,避雷器应在没有带屏蔽装置(用于避雷器的连接、均压或其他部件)情况下,测量其内部和外部局部放电,且通过了试验。

8.13 人工污秽试验

见附录 F。

经供需双方同意,可按附录 O 进行。

8.14 持续电流试验

型式试验应在整只避雷器上进行,对试品施加持续运行电压,测量通过试品的全电流和阻性电流。

如果在避雷器的元件上进行时,所施加的持续运行电压按整只避雷器的额定电压与元件额定电压的比例计算。

试验环境温度为 $20\ ^\circ\text{C}\pm 15\ \text{K}$ 。

注:例行试验可在整只避雷器或避雷器元件上进行。

8.15 工频参考电压试验

对避雷器(或避雷器元件)施加工频电压,当通过试品的阻性电流等于工频参考电流时,测出试品上的工频电压峰值。参考电压等于该工频电压峰值除以 $\sqrt{2}$,如参考电压与极性有关时,取低值。试验环境温度为 $20\ ^\circ\text{C}\pm 15\ \text{K}$ 。

注:可近似认为,试验电压峰值处对应的全电流瞬时值为阻性电流分量的峰值。

8.16 直流参考电压试验

对避雷器(或避雷器元件)施加一直流电压,当通过试品的电流等于直流参考电流时,测出试品上的直流电压值。如参考电压与极性有关时,取低值。

直流电压脉动部分应不超过 $\pm 1.5\%$ 。

试验环境温度为 $20\ ^\circ\text{C}\pm 15\ \text{K}$ 。

8.17 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验

对避雷器施加 0.75 倍直流参考电压,测量通过避雷器的漏电流,如漏电流与极性有关,取高值。

8.18 多柱避雷器电流分布试验

本试验应对所有并联的电阻片组进行,一个并联电阻片组指的是各柱间没有中间电连接的装配的一部分。制造厂应规定一个适当的冲击电流值,其值为标称放电电流的 0.01 倍~1.0 倍,在该电流下测量通过每柱的电流。

电流的最大值应不高于制造厂规定的电流值上限。冲击电流视在波前时间不小于 $7\ \mu\text{s}$,半峰值时间不作规定。

注:如果在设计中所用并联电阻片组的额定电压比试验设备能提供的电压高时,在本试验中可在并联柱的中间部

分增加电气连接线以降低并联电阻片组的额定电压,这样可确定几个人为的并联电阻片组。每一个人为的并联电阻片组应通过电流分布试验。

例行试验时,测量每柱的平均参考电流值下参考电压值(直流或交流)和平均标称放电电流下的残压值。各柱平均参考电流值下的参考电压的偏差不得大于参考电压规定值的±1%,平均标称放电电流下的残压的偏差由制造厂规定。

8.19 大电流冲击耐受试验

试验时,应从同批被试电阻片中抽取工频参考电压(或直流参考电压)最高者5片,进行此项试验。试品应耐受两次冲击,不应有击穿、闪络等损坏。两次之间间隔时间应能使电阻片冷却到环境温度。

试验电流值应按表10规定,波形为4/10。波形调整范围如下:

- a) 电流峰值为规定值的90%~110%;
- b) 视在波前时间为3.5 μs~4.5 μs;
- c) 视在半峰值时间为9 μs~11 μs;
- d) 任何反极性电流波的振荡峰值应小于电流峰值的20%;
- e) 允许冲击波上有小振荡,但其峰值应小于峰值的5%。为了测量,可以用一条平均曲线确定峰值。

9 例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验

9.1 例行试验

出厂的每只避雷器(或电阻片)应按表13的规定进行试验。如果避雷器(或电阻片)不满足表13中所规定的任何一项要求时,则此避雷器(或电阻片)认为不合格。

表 13 避雷器例行试验项目

序号	试验名称	试验依据	试验方法	试品
1	持续电流试验	6.18	8.14	避雷器或元件
2	标称放电电流残压试验	6.3	8.3	避雷器或元件
3	工频参考电压试验	6.2.1	8.15	避雷器或元件
4	直流参考电压试验	6.2.2	8.16	避雷器或元件
5	0.75倍直流参考电压下漏电流试验	6.19	8.17	避雷器或元件
6	密封性能试验	6.5	8.11	避雷器或元件
7	局部放电试验	6.4	8.8	避雷器或元件
8	多柱避雷器电流分布试验	6.6	8.18	每组并联的电阻片柱

注:额定电压42 kV以下避雷器,序号1、3、7项试验可不作。

9.2 验收试验

9.2.1 标准验收试验

当订货者在订货协议中规定有验收试验时,则应抽取最接近供货避雷器数量立方根又小于立方根的整数进行下列试验:

- a) 外观检查:检查外观、名牌及其附件有无缺少或损坏;
- b) 按6.18的规定,在持续运行电压下,测量通过避雷器(或元件)的全电流和阻性电流;
- c) 按6.2.1和6.2.2的规定,对整只避雷器施加工频电压或直流电压,测量避雷器的工频参考电压或直流参考电压及0.75倍直流1 mA参考电压下漏电流;
- d) 按照本标准8.3进行避雷器的残压试验;
- e) 按8.8进行避雷器的局部放电试验;
- f) 按8.11进行密封试验。

9.2.2 特殊热稳定试验

下述试验,需经供需双方另行协商,且在避雷器装配前进行,见 6.7。

本试验应在选自日常生产中的与被试避雷器用电阻片尺寸和特性相同的电阻片组成的 3 只不同的比例单元试品上进行。试验由相应类型避雷器动作负载试验的一部分构成,如图 7、图 8 和附录 C 中图 C.2 所示。

在施加工频电压期间,应监测电阻片温度或电流阻性分量或功率损耗,以证明热稳定性。如果 3 只试品全部达到热稳定(见 8.5.6),则认为避雷器通过了试验。如果 1 只试品未达到热稳定,进一步的试验程序需经供需双方协商。

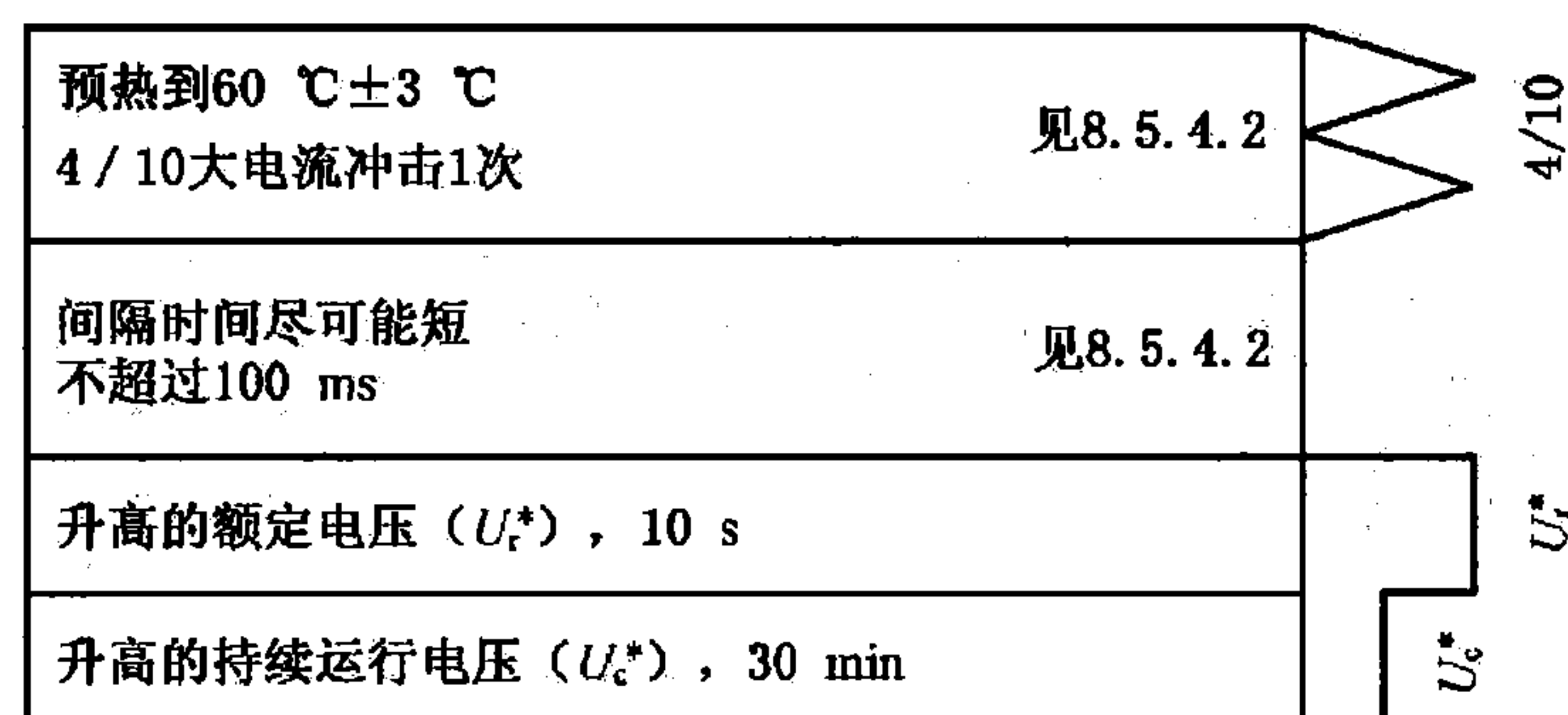


图 7 无线路放电等级要求的 10 000 A、5 000 A、2 500 A、1 500 A 避雷器的热稳定试验

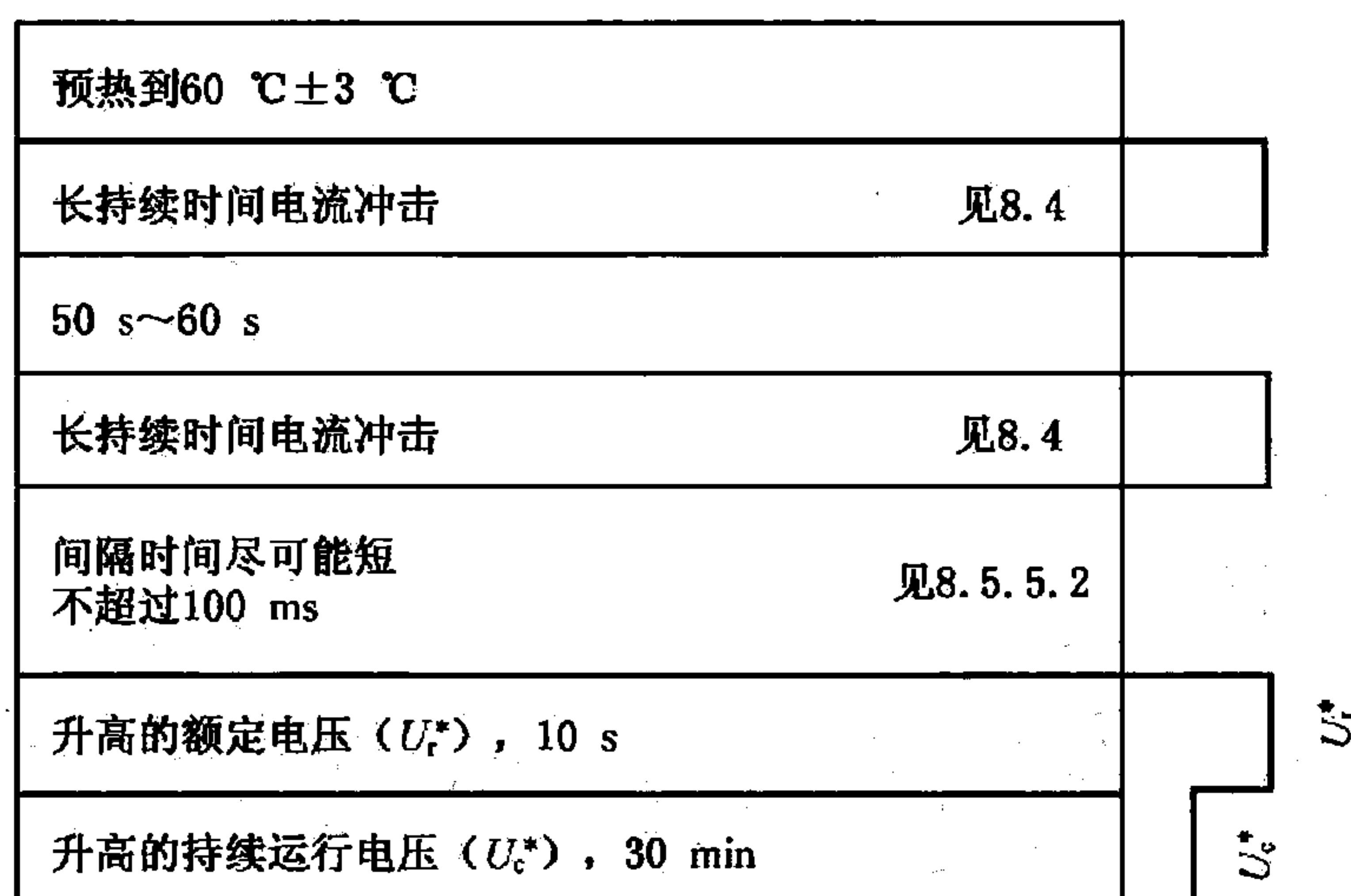


图 8 有线路放电等级要求的 20 000 A、10 000 A、5 000 A 避雷器和保护电容器组避雷器的热稳定试验

9.3 定期试验

为了控制产品质量,对于生产的产品必须 3 年作 1 次定期试验,长期停产后恢复生产时应作定期试验。定期试验是从正常生产的产品中抽取,按表 14 进行。试验方法均按相应的型式试验方法进行。

表 14 定期试验项目

序号	试验项目名称	试验依据	试验方法	试验数量
1	残压试验	6.3	8.3	3 只避雷器或比例单元
2	长持续冲击电流冲击耐受	6.8	8.4	3 只比例单元
	a) 线路放电试验	6.8	8.4	3 只避雷器或比例单元
	b) 方波冲击电流耐受试验	6.8	8.4	

表 14 (续)

序号	试验项目名称	试验依据	试验方法	试验数量
3	动作负载试验			
	a) 加速老化试验	6.9	8.5	3 只避雷器或比例单元
	b) 大电流冲击动作负载试验	6.9	8.5	3 只避雷器或比例单元
	c) 操作冲击动作负载试验			3 只比例单元
4	工频电压耐受时间特性试验	6.10	附录 D	比例单元

9.4 抽样试验

抽样试验主要对电阻片进行,应按批次以一定比例抽取试品。试验项目及试品数量见表 15。抽样试验用的试品不得装入避雷器。

表 15 抽样试验项目

序号	试验名称	试验依据	抽取试品数量	试验方法
1	方波冲击电流耐受试验	6.8	1.0%(不少于 5 片)	8.4
2	大电流冲击耐受试验	6.20	5 片	8.19
3	加速老化试验	6.9	3 只试品	8.5

注 1: 制造厂应至少半年对电阻片进行一次加速老化试验及大电流冲击耐受试验。

注 2: 加速老化试验中 K_a 值应不大于型式试验中加速老化试验所得的 K_a 值。若大于时,应重做动作负载试验。

注 3: 多柱避雷器做方波冲击耐受试验时,其每片电阻片的方波电流值应考虑电流分布不均匀程度。

9.4.1 用于抽样试验中的方波电流冲击耐受试验

20 kA、10 kA 和 5 kA(额定电压 90 kV 及以上电站用)等级避雷器方波电流冲击试验要求见表 16。

表 16 用于抽样试验的方波冲击电流试验值

避雷器等级	线路放电等级	等效方波冲击电流试验值 A
5 kA	1	400
10 kA		
10 kA	2	600
	3	1 000
10 kA	4	1 500
20 kA		
20 kA	5	1 800 (2 500)

注: 2 500 A 用于额定电压 468 kV 以上避雷器。

9.4.2 用于抽样试验中的大电流冲击耐受试验

试验方法按 8.19 进行。

10 复合外套避雷器

10.1 范围

见第 1 章。

10.2 规范性引用文件

见第 2 章。

10.3 术语及定义

见第 3 章。

10.4 标志及分类

见第 4 章。

10.5 标准额定值和运行条件

见第5章。

10.6 技术要求

除下列要求外,其余适用于第6章:

避雷器外套的绝缘耐受试验——按10.8.2修改;

长时间冲击电流耐受试验——按10.8.4修改;

动作负载试验——按10.8.5修改。

附加要求为湿气浸入试验(10.8.13)和气候老化试验(见10.8.14)。

10.6.1 避雷器的机械性能

制造厂应该规定与安装和运行相关的最大允许端子负载,如弯曲、扭转及拉伸负荷。

10.6.1.1 避雷器的弯曲负荷

当避雷器非悬挂使用时,应进行弯曲负荷试验。

避雷器应能耐受制造厂宣称的弯曲负荷值。在 $2.5(F_1 + F_2/2)$ 下述机械负荷共同作用下耐受10 s而不损坏,并可靠运行。见6.14.1。

10.6.1.2 避雷器拉伸负荷

当避雷器悬挂使用时,应进行拉伸负荷试验。

避雷器应能耐受制造厂宣称的拉伸负荷值,避雷器的额定拉伸负荷至少为避雷器自重的15倍;其他要求供需双方协商。

型式试验时,避雷器应耐受额定拉伸负荷1 min试验而不损坏。试验后局部放电量不大于10 pC,直流参考电压变化不大于5%。

例行试验时,避雷器应能耐受50%的额定拉伸负荷10 s试验而不损坏。试验后考核项目为直流参考电压及局部放电量,应符合本标准规定值。

10.6.2 避雷器复合外套外观要求

复合外套表面单个缺陷面积(如缺胶,杂质,凸起等)不应超过 25 mm^2 ,深度不大于1 mm,凸起表面与合缝应清理平整,凸起高度不得超过0.8 mm,粘接缝凸起高度不应超过1.2 mm,总缺陷面积不应超过复合外套总表面0.2%。

10.6.3 避雷器气候老化试验

该试验验证避雷器耐受规定气候条件的能力。户内使用的复合外套避雷器不进行该试验。

避雷器应耐受1 000 h气候老化试验。经供需双方协商,可进行5 000 h气候老化试验。

避雷器复合外套材料应按GB/T 6553—2003要求进行耐漏电起痕和耐电蚀损试验。

10.6.4 湿气浸入试验

该试验验证避雷器在承受规定机械应力之后抵御湿气浸入的能力。

热机试验时,避雷器应耐受冷热循环试验,试验时,施加的负荷为额定负荷的50%(低压避雷器试验时不施加负荷)。

浸水试验时,避雷器在沸腾的去离子水中煮42 h,水中NaCl的含量为 1 kg/m^3 。

10.7 试验要求

见第7章。

10.8 型式试验(设计试验)

10.8.1 总则

本条所规定的型式试验适用于复合外套避雷器。

新产品投产前进行型式试验。型式试验按表17规定进行,当设计或工艺有所变更对产品性能有影响时,必须对有关项目进行试验。

表 17 (续)

序号	试验项目名称	试验依据	试验方法	试样数量	试验要求																			
					20 kA			10 kA			5 kA						2.5 kA		1.5 kA					
					电站用 线路用 避雷器	要求 — 要求	要求 — 要求	电站用 线路用 避雷器	要求 — 要求	要求 — 要求	线路用 电站用 避雷器	要求 — 要求	并联补偿 电容器用 避雷器	要求 — 要求	电气化 铁道用 避雷器	要求 — 要求	配电用 避雷器	要求 — 要求	发电机用 避雷器	要求 — 要求	电动机用 避雷器	要求 — 要求	低压 避雷器	要求 — 要求
12	动作负载试验 a) 加速老化试验 b) 大电流冲击动作负载试验 c) 操作冲击动作负载试验	6.9	10.8.5	3只避雷器或比例单元 3只避雷器或比例单元 3只避雷器或比例单元	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	要求 — 要求	
13	工频电压耐受时间特性试验	6.10	附录 D	每点 1 只比例单元	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	
14	复合外套绝缘耐受试验	6.1	10.8.2	额定电压 42 kV 及以上避雷器外套 1 只, 42 kV 及以下外套 3 只	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	
15	避雷器湿气浸入试验	10.6.4	10.8.13	1 只避雷器或机械元件	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	
16	避雷器气候老化试验	10.6.3	10.8.14	2 只避雷器或电气元件	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	
17	拉伸负荷试验	10.6.1.2	10.8.15	额定电压 42 kV 及以上避雷器 1 只, 其余 3 只	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	
18	抗弯负荷试验	10.6.1.1	10.8.9	同上	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	
19	短路电流试验 a) 额定短路电流试验 b) 小短路电流试验	6.11	8.7	3 只避雷器(或元件) 1 只避雷器(或元件)	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求	要求 要求
20	多柱避雷器电流分布试验	6.6	8.18	1 只避雷器	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	
21	脱离器试验	6.12	8.6	按要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	
22	雷电冲击放电能力试验	6.17	附录 N	3 只避雷器或比例单元	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	
23	环境试验	6.14.2	10.8.10	1 只避雷器或比例单元	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	要求	

注: 序号 1~9 项试验为同一试样, 其余各项均为新试样。

10.8.2 避雷器外套的绝缘耐受试验

除下列要求外,其余适用于 8.2。

10.8.2.1 在单个电气元件外套上的试验

本条替代 8.2.2。

经供需双方协商,可在避雷器单个电气元件外套上试验。

该试验在最长的电气元件外套上进行。如果它不代表每单位长度的最大比电压应力,就应在具有最高比电压应力的电气元件外套上进行附加试验。内部元件可按等价布置代替(如均压元件),以便使沿避雷器轴向的电压呈线性分布。

如果设计时把外部绝缘体直接模压到电阻片或一些绝缘材料衬底上,这些试验也可以在直接模压到适当绝缘衬底的外套上进行。

10.8.3 残压试验

见 8.3。

10.8.4 长持续时间冲击电流耐受试验

除下列要求外,其余适用于 8.4。

10.8.4.1 总则

本条替代 8.4.1。

试验前,应对每只试品测量标称放电电流下雷电冲击残压,用作评价。

每种长持续时间电流冲击耐受试验应按照 7.2 和 8.1 规定,对 3 只新的以前未经过任何试验(除上述规定的评价目的外)的整只避雷器、避雷器比例单元或电阻片上进行。试验期间电阻片可以暴露在敞开空气中,此静止空气的温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 15\text{ K}$ 若被试避雷器额定电压不小于 3 kV,则试品的额定电压应不小于 3 kV,但不必超过 6 kV。若避雷器的脱离器/故障指示器与避雷器设计成一体时,该试验必须按运行条件带脱离器/故障指示器进行(见 8.6)。

每种长持续时间电流冲击试验由 18 次放电动作组成,共分为 6 组,每组 3 次,2 次动作间隔时间为 50 s~60 s,2 组之间的间隔时间应使试品冷却到接近环境温度。

在长持续时间电流冲击试验后且试品冷却到接近环境温度时,要重复进行长持续时间电流冲击试验前的残压试验,并与试验前残压值比较,该值变化应不超过 5%。

如果生产商宣称电阻片可以从试品中拿出来,则试验后对试品进行外观检查,证明电阻片无击穿、闪络、裂缝或其他明显的损坏。否则,外观检查只适用于外部元件。为了检测内部元件的完整性,则应在试品冷却至室温后进行附加的长持续时间冲击电流试验,以验证无损坏发生。如果试品已耐受该第 19 次长持续时间冲击电流试验且无损坏发生(由示波器记录检查),则认为试品通过了该试验。

10.8.5 动作负载试验

除下列要求外,其余适用于 8.5。

10.8.5.1 避雷器比例单元要求

本条替代 8.5.3.2。

该条规定了避雷器比例单元的热模型,当要求热等价时,应当遵循如下要求。

- a) 模型在电性能和热性能上应代表被模拟避雷器的工作元件的一部分。
- b) 外套应满足下述要求:
 - 1) 材料应与避雷器外套相同;
 - 2) 内径应与避雷器内径相同,相差不超 $\pm 5\%$;
 - 3) 外套总重量应不大于被模拟避雷器的比例单元平均外套重量的 10%;

- 4) 外套应足够长,以能容纳避雷器比例单元;
 - 5) 内部排列要与整只避雷器的排列相同。这意味着该比例单元应能代表避雷器的一段;
 - 6) 如果需要,可在外套的两端及周围添加绝缘材料以满足附录 B 的热要求。
- c) 试品内用于电气连接的导线尺寸不得大于 3 mm 直径的铜线。

10.8.5.2 大电流冲击动作负载试验中的预备性试验

本条替代 8.5.4.1。

预备性试验中,试品应经受 20 次 8/20 雷电冲击电流,其峰值等于避雷器标称放电电流。施加冲击电流时,对试品施加 1.2 倍试品持续运行电压的工频电压。施加的 20 次冲击分为 4 组,每组 5 次,两次冲击之间的间隔时间为 50 s~60 s,两组之间的间隔时间为 25 min~30 min。两组冲击之间,试品无需施加工频电压。冲击电流的极性与施加此冲击时的工频电压半波极性相同。并且冲击应在工频电压峰值前 $60^\circ \pm 15^\circ$ 内施加。

如果电阻片没有直接与固体材料接触,预备性试验可在敞开空气中进行。否则,预备性试验应在处于静止空气中(温度为 $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 15\text{ K}$)的避雷器比例单元上进行。

所测冲击电流峰值应在规定峰值 90%~110% 范围之内。

预备性试验后,电阻片应储存起来以备动作负载试验用(见图 1 及图 C.1)。

10.8.5.3 大电流冲击动作负载试验中的施加冲击

本条替代 8.5.4.2。

在动作负载试验开始时,比例单元的温度应在 $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 15\text{ K}$ 范围内。

比例单元应耐受表 18 规定的峰值和波形的大电流冲击 2 次,强雷电负载避雷器应耐受附录 C 中规定的峰值为 40 kA 波形 30/80 冲击 3 次。

表 18 大电流冲击要求

避雷器的等级	电流峰值 4/10 kA
20 000 A	100
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10

注:根据运行条件电流峰值可以取其他值(较低或较高)。

在两次冲击电流之间,比例单元应当在烘箱中预热,使得在施加第二次冲击电流时的温度为 $60\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ K}$ 。试验应该在环境温度为 $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 15\text{ K}$ 下进行。

如果由于严重污秽或非正常运行条件认为必须用更高的温度时,经供需双方协商试验可使用更高的温度。

设备调整使得测得冲击电流的值在下列的极限范围内:

- a) 规定的电流峰值的 90%~110%;
- b) 视在波前时间从 $3.5\text{ }\mu\text{s} \sim 4.5\text{ }\mu\text{s}$;
- c) 视在波尾半峰值时间从 $9\text{ }\mu\text{s} \sim 11\text{ }\mu\text{s}$;
- d) 任何反极性电流波的峰值应该小于电流峰值的 20%;
- e) 冲击电流上的小的振荡是允许的,只要它们在接近冲击电流峰值时的幅值小于电流峰值的

5%，在这种情况下，为了测量的目的，应该采用平均曲线来确定峰值。

预备性试验及随后的大电流冲击应该施加相同的极性。

附录 H 叙述了可供使用的典型试验回路。

在最后一次大电流冲击后，应尽可能快且在不超过 100 ms 内向试品施加 10 s 升高的额定电压 (U_1^*)，然后再接着施加 30 min 升高的持续运行电压 (U_2^*) (见 8.5.2)，以验证热稳定或热击穿。

注：为了再现实际系统条件，应该是在试品施加电压 U_1^* 时，施加第二次大电流冲击，鉴于实际的试验回路的限制，100 ms 是允许的。

每次冲击应记录电流波形。同一试品的电流波形不应出现显示试品击穿或闪络的差异。

在施加升高的持续运行电压 (U_2^*) 期间，应连续记录试品电流值。

在施加工频电压期间，应监测电阻片温度或电流阻性分量或功率损耗，以证明热稳定或热崩溃 (见 8.5.6)。

在完成整个试验程序且在试品冷却到接近环境温度后，重复试验程序开始时的残压试验。

如达到热稳定，试验前后测得的残压变化不大于 5%，且试验后检查试品，电阻片无击穿、闪络或破碎痕迹，则认为避雷器通过了本试验。

预备性试验后，电阻片应存放起来，以备动作负载试验用。

如果生产商宣称电阻片可以从试品中拿出来，试验后应对电阻片进行外观检查，以验证试验没有造成电阻片的击穿、闪络、或开裂。否则，要进行如下的附加试验，以确认试验过程中无损坏发生。

——试验前，测量试品的标称放电电流 (I_n) 下的残压。

——试验后，再给试品施加两次冲击电流 I_n 。第一次冲击电流是在试品完全冷却至室温后施加。

第二次冲击电流在第一次之后 50 s 到 60 s 之间施加。

——在施加两次冲击时，电压和电流的示波图应显示没有任何击穿。最初测量和最后一次冲击电流之间的残压变化应该不超过 5%。

10.8.5.4 操作冲击动作负载试验中的预备性试验

本条替代 8.5.5.1。

预备性试验中，试品应经受 20 次 8/20 雷电冲击电流，其峰值等于避雷器标称放电电流。施加冲击电流时，对试品施加 1.2 倍试品持续运行电压的工频电压。施加的 20 次冲击分为 4 组，每组 5 次，两次冲击之间的间隔时间为 50 s~60 s，两组之间的间隔时间为 25 min~30 min。两组冲击之间，试品无需施加工频电压。冲击电流的极性与施加此冲击时的工频电压半波极性相同。并且冲击应在工频电压峰值前 $60^\circ \pm 15^\circ$ 内施加。

如果电阻片没有直接与固体材料接触，预备性试验可在敞开空气中进行。否则，预备性试验应在处于静止空气中 (温度为 $20^\circ\text{C} \pm 15\text{K}$) 的避雷器比例单元上进行。

预备性试验的第二部分是施加两次表 18 规定的大电流冲击，见 3.31。测出的冲击电流峰值应为规定峰值的 90%~110%。

预备性试验后，电阻片应储存起来以备进行操作冲击动作负载试验时使用。

10.8.5.5 操作冲击动作负载试验中的施加冲击

本条替代 8.5.5.2。

在操作冲击动作负载试验开始时，即在施加两次长持续时间电流冲击之前，比例单元的温度应为 $60^\circ\text{C} \pm 3\text{K}$ ，而环境温度应为 $20^\circ\text{C} \pm 15\text{K}$ 。

如果由于严重污秽或非正常运行条件认为必须用更高温度时，经供需双方协商，试验可使用更高的温度。

避雷器比例单元要耐受两次按表 7 中相应的线路放电等级所规定的长持续时间电流冲击。两次冲击的间隔时间应为 50 s~60 s。长持续时间电流冲击的极性应与预备性试验中电流冲击的极性相同。

在第二次长持续时间电流冲击后,比例单元应与线路脱离,并应尽可能快而在不超过 100 ms 内与工频电源接通。然后再向试品施加 10 s 升高的额定电压(U_r^*),然后再接着施加 30 min 升高的持续运行电压(U_c^*),以证明热稳定或热崩溃。

注:为了再现实际系统条件,应该在试品施加电压 U_r^* 时,施加第 2 次持续时间电流冲击,鉴于实际的试验回路的限制,100 ms 是允许的。

在第 2 次长持续时间电流冲击施加时应用示波器记录加在试品两端的电压和通过试品的电流。施加第 2 次操作时通过试品所耗散的能量应根据示波图中电压和电流来确定。且应把能量值记录在型式试验报告中。在施加工频电压期间应连续记录电压和电流。

在施加工频电压期间应监测电阻片的温度或电流阻性分量或功率损耗,以证明热稳定或热崩溃。

在完成整个试验程序且在试品冷却到接近环境温度后,重复试验程序开始时的残压试验。

如果达到热稳定(见 8.5.6),如果试验前后测出的残压变化不大于 5%,另外,如果制造商宣称电阻片可从试品中拿出,且试验后的外观检查显示电阻片无击穿、闪络或开裂的痕迹,则认为避雷器通过了试验。否则,外观检查仅适用于外部另件,为了检查内部另件的完整性,则应在试品冷却到环境温度后,应施加一次附加的长持续时间冲击电流,以确认没有发生破坏。如果试品耐受了这第三次长持续时间冲击电流而无破坏(通过示波图检查),则认为试品已通过了试验。

10.8.6 避雷器脱离器和故障指示器的试验

见 8.6。

10.8.7 短路试验

见 8.7。

10.8.8 内部局部放电试验

见 8.8。

10.8.9 弯曲负荷试验

10.8.9.1 总则

该试验验证生产商宣称的避雷器耐受弯曲负载的能力。通常,避雷器的设计不是用于承受扭转负载。如果避雷器要承受扭转负载,经供需双方协商,可能要做一特别的试验。

该试验适用于所有底座安装式避雷器,这些避雷器可能包含一个或几个元件。该试验针对所有电压等级一直到最高系统电压等级用避雷器。

试验在整只避雷器或避雷器元件上进行。试品要直立安装。按正常安装方式将其固定在试验机的安装面上。负载施加于避雷器的自由端。负载的方向要穿过避雷器的纵轴并且与它垂直,且具有最低机械强度的方向(避雷器的初始位置:纵轴在垂直方向)。生产商应给出有关最低机械强度的信息。

对于包含一个以上元件的避雷器或两端具有不同规定弯矩的避雷器来说,要按照附录 M.1 确定的负载进行试验,以评价每个不同规定的弯矩。

对复合外套(树脂浇铸除外)避雷器来说,该试验负荷应是最大允许工作负荷(MPSL),也就是附录 M.3 中的 100% 值。

试验应在无内部压力的情况下进行。

注:复合外套避雷器还要另外进行湿气浸入试验(见 10.8.13),在这种试验中应在不同方向、不同温度下施加最大持续抗弯负荷。

10.8.9.2 具有封闭气体和独立密封系统的复合外套避雷器

10.8.9.2.1 样品准备

试品包括内部元部件。

试验前,每只试品都要进行如下试验:

- 10.8.13.1 中的电试验;
- 按例行试验要求进行的密封检查。

10.8.9.2.2 试验程序

应在30 s~90 s时间内将弯曲负荷平稳增加到试验负荷值。到达试验负荷后,保持60 s~90 s。在此期间测量偏移。然后平稳释放负荷,并记录残余偏移。

注:当施加应力时避雷器外套有可能会破碎和裂开,所以应特别小心。

10.8.9.2.3 试验评价

如果达到如下要求,该避雷器就视为是合格的。

- 无可见的机械损坏;
- 作用力-偏移曲线无突变;
- 去掉弯曲负载后外套的残余偏移应为施加弯曲负载前外套高度的±5%以内。

注:±5%这个值仅做指导性参考,且仍处在考虑之中。恢复性取决于最弱的承载材料。如果使用应变仪,即使满足±5%,也可能产生未影响到表面(应变仪即固紧在该表面)的裂缝(如内部层状裂缝)。

——按例行试验要求进行的密封检查合格。

然后试品进行浸水试验(见10.8.13.3),如果能成功验证如下试验,则认为避雷器合格。

——10.8.13.4 中的电气试验。

10.8.9.3 无密封气体的复合外套避雷器

10.8.9.3.1 样品准备

试品包含内部部件。

试验前,每一试品应接受10.8.13.1规定的电气试验。

10.8.9.3.2 试验程序

应在30 s~90 s时间内将弯曲负荷平稳增加到试验负荷值。到达试验负荷后,保持60 s~90 s。在此期间测量偏移。然后平稳释放负荷,并记录残余偏移。

注:当施加应力时避雷器外套有可能会破碎和裂开,所以应特别小心。

10.8.9.3.3 试验评价

如果达到如下要求,该避雷器就被视为是合格的:

- 无可见的机械损坏;
- 作用力-偏移曲线无突变;
- 去掉弯曲负载后外套的残余偏移应为施加弯曲负载前外套高度的±5%以内。

注:±5%这个值仅做指导性参考,且仍处在考虑之中。恢复性取决于最弱的承载材料。如果使用应变仪,即使达到±5%,也可能产生未影响到表面(应变仪即固紧在该表面)的裂缝(如内部层状裂缝)。

——按例行试验要求进行的密封检查合格。

然后试品进行浸水试验(见10.8.13.3),如果能成功验证如下试验,则认为避雷器合格。

——10.8.13.4 中的电气试验。

10.8.10 环境试验

适用于8.10,下列要求除外。

10.8.10.1 试品准备

本条替代 8.10.2。

试验前,试品要进行内部局部放电试验,如果避雷器含有密封气体,还要进行例行试验要求的密封检查。

10.8.10.2 温度循环试验

本条替代 8.10.3.1。

该试验不适用于复合外套避雷器。

10.8.10.3 试验评价

本条替换 8.10.3.4。

重复本试验前进行过的测量。如果结果如下则认为该避雷器合格:

- 无可见机械损坏;
- 内部局放水平不超过 10 pC;
- 按照例行试验进行的密封检测合格(仅适用于具有封闭气体和独立密封系统的避雷器)。

10.8.11 密封试验

该试验验证整个系统的气/水密封性,适用于具有保持外套内密封和相关元件的复合外套避雷器。

注:在湿气浸入试验中测试复合外套避雷器的不同界面对浸入湿气的抵御能力。

该试验在完整避雷器元件上进行。如果避雷器包括有不同密封系统的元件,则该试验应在每个代表不同密封系统的元件上进行。

型式试验时,按 10.8.13.3 进行 42 浸水试验。试验完成后,重测直流参考电压,0.75 倍直流参考电压下的漏电流和局部放电量,试验前后直流参考电压变化小于 5%,漏电流变化小于 20 μ A,局部放电量不大于 10 pC。

例行试验时,采用抽气浸泡法或其他有效的方法,具体试验方法可按 JB/T 7618—1994 进行。

10.8.12 无线电干扰电压(RIV)试验

见 8.12。

10.8.13 湿气浸入试验

一般而言,试品应该是最长的机械元件。如果最长机械元件的长度超过 800 mm,试验可以在较短的比例单元上进行,但长度不得少于三倍底部法兰处的外套外径(伞裙除外)或者 800 mm,择两者中之较长者。

注 1:对于非环形截面来说,应该定义其等值的直径。

注 2:底部法兰处外套外径三倍这个值正在研究之中。

同一避雷器试品须耐受 10.8.13.2 和 10.8.13.3 中描述的机械和气候应力试验。

10.8.13.1 初始测量

试验前,按如下顺序进行测量:

- 在 80%~100%持续运行电压下和环境温度 20 $^{\circ}$ C \pm 15 K 条件下测量功率损耗或阻性电流;
- 测量内部局部放电;
- 残压试验;
- 直流参考电压和 0.75 倍直流参考电压下的漏电流。

10.8.13.2 预处理

10.8.13.2.1 终端扭矩预处理

给试品施加生产商规定的避雷器端子扭矩持续 30 s。

10.8.13.2.2 热机预处理

然后,避雷器要在四个方向接受制造商规定的最大持续抗弯负荷及温度变化循环(如图9及图10所示)。当避雷器承受拉伸负荷时,应施加50%额定拉伸负荷。

注:在特殊应用中,如果其他负荷占优势,应由相关负荷来替代。整个试验时间和温度循环应保持不变。

如果试品非柱面对称,负荷方向就应以能获取最大机械应力的方式选择。

如图9所示,温度变化循环包括两个48 h的冷热循环。冷热阶段的温度分别至少保持16 h,试验应在空气中进行。

持续静态机械负荷对应于生产商所规定的最大持续弯矩。如图10所示,其方向每24 h变化一次。试验可能会因维护而中断,但中断时间不超过4 h,中断结束后应立即恢复试验,循环可认为有效。测量到的相对于初始无负载情况下的任何永久变形都应记录下来。

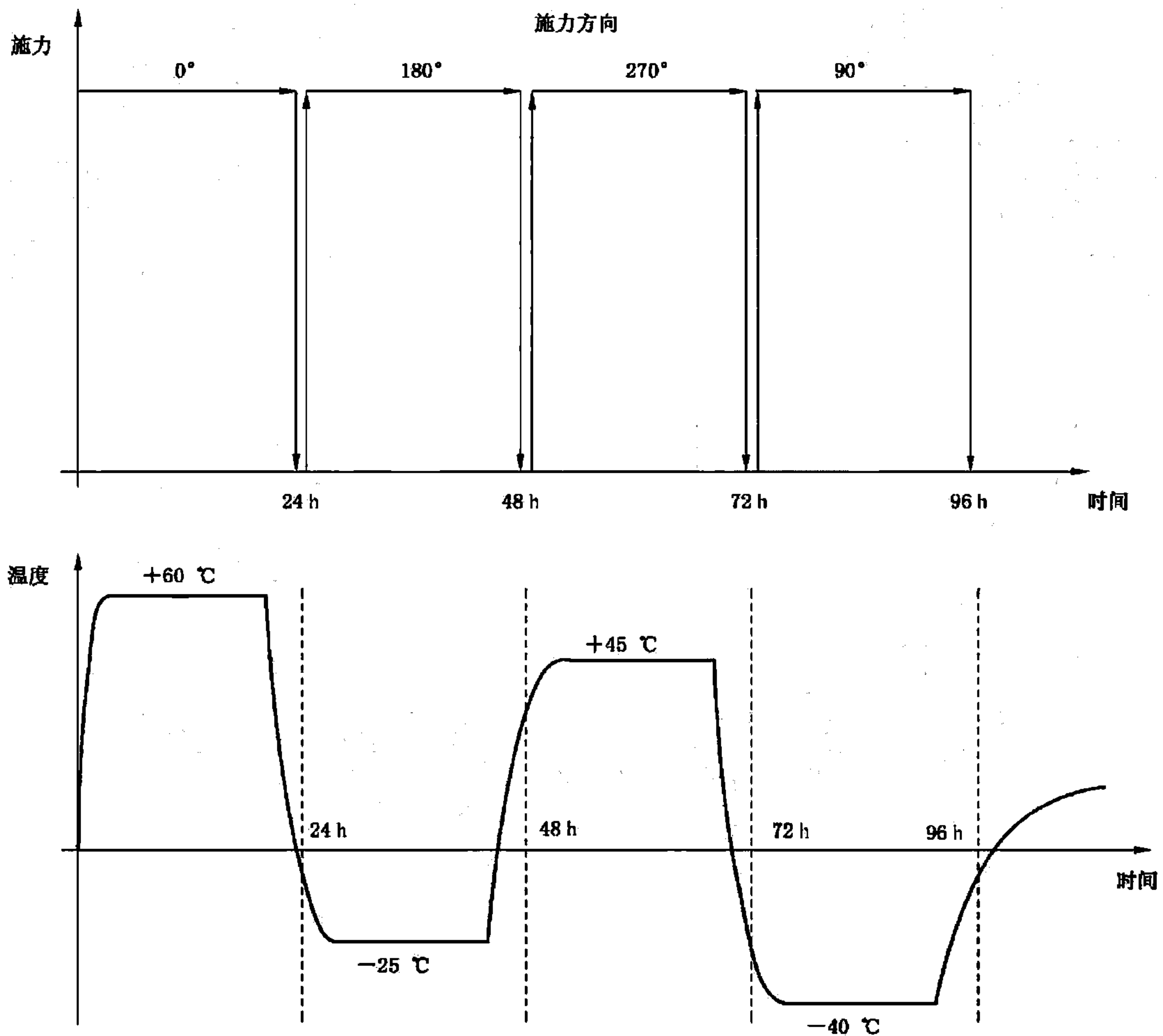


图9 热机试验

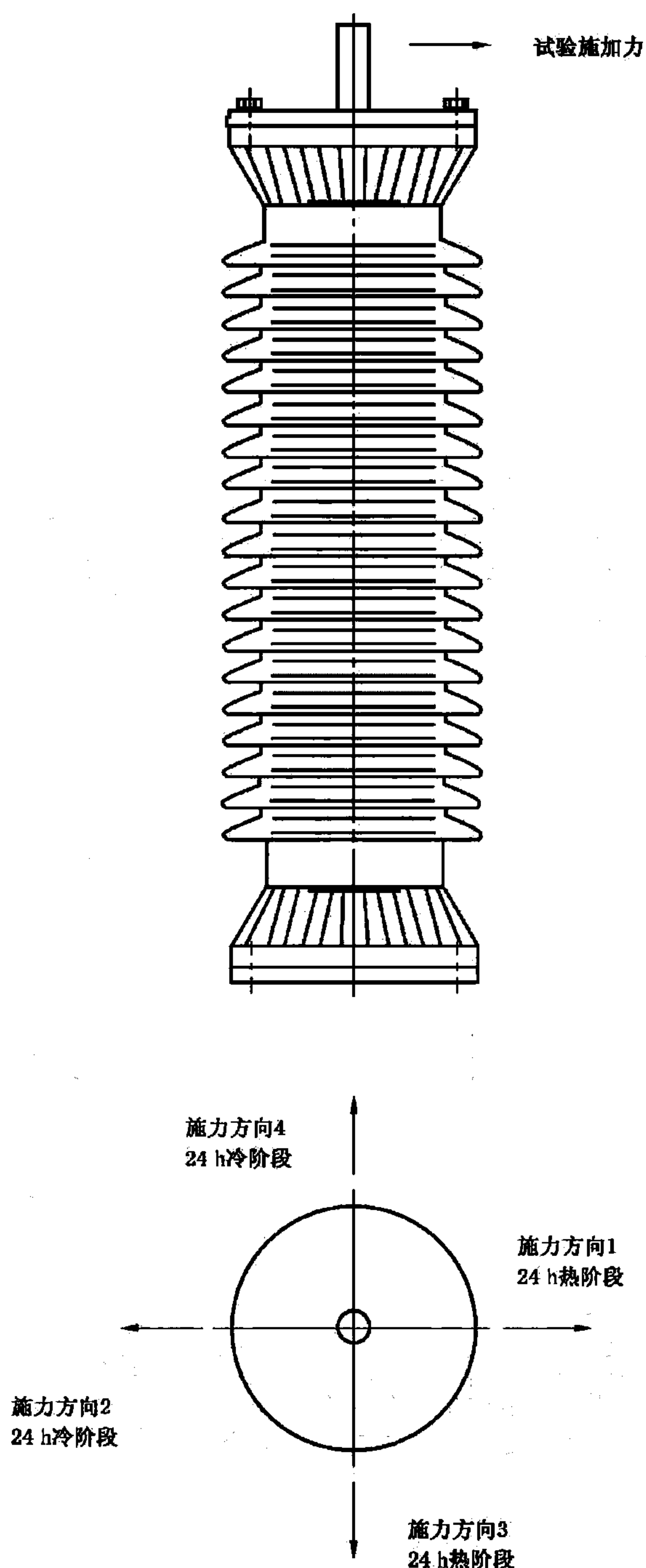


图 10 热机试验和抗弯负荷方向的安排举例

10.8.13.3 浸水试验

将避雷器浸没到盛满沸腾的去离子水的容器中 42 h, 水中 NaCl 的含量为 1 kg/m^3 。

注 1: 上述水的特性为试验开始时测量值。

注 2: 如果供方声称其密封材料无法耐受沸水 42 h, 经供需双方同意, 水温(沸水)也可降到 $80 \text{ }^\circ\text{C}$ (最少持续 52 h)。

经供需双方同意后, 52 h 这个值也可扩大到 168 h (一周)。

沸腾结束后, 避雷器应保持在容器中直到水冷却到约 $50 \text{ }^\circ\text{C}$, 并保持这个温度, 直到按照如下顺序进行验证试验。验证试验要在已经冷却到室温的样品上进行。仅当须要延迟验证试验时, 才有必要让水温保持在 $50 \text{ }^\circ\text{C}$ 直到如图 11 所示的浸水试验结束。

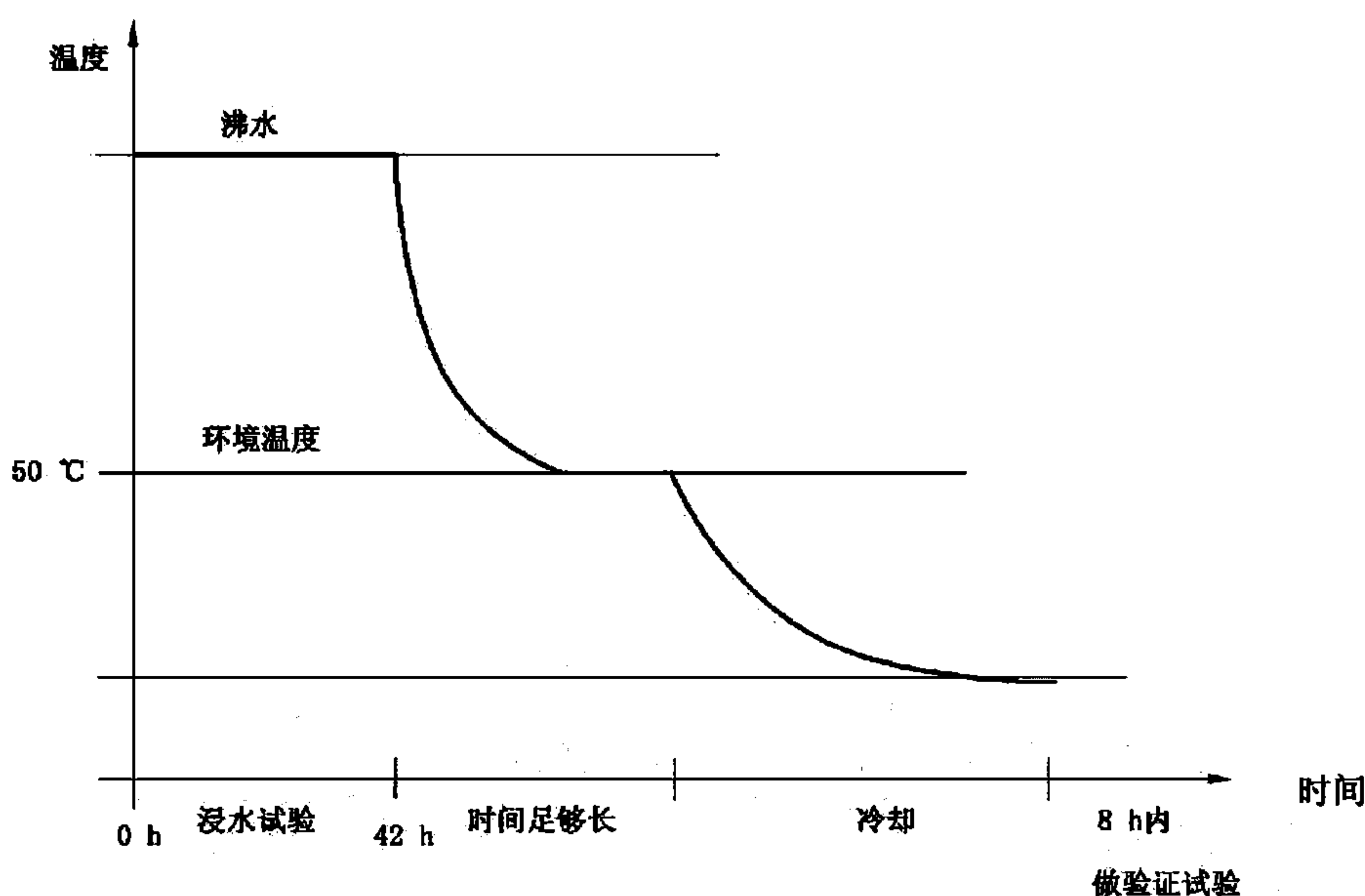


图 11 浸水试验

10.8.13.4 验证试验

所有的验证试验应在 8 h 之内按如下顺序完成：

- 外观检查：应该报告任何机械性变化；
- 测量与 10.8.13.1 中同一电压下的功率损耗或阻性电流：相对于初始测量值的增加值应小于 20%。

测量功率损耗或阻性电流应该在与初始测量时的环境温度相差不得超过 3 K 的环境温度下进行：

- 局部放电测量：在 1.05 倍 U_0 下其值不超过 10 pC；
- 残压试验：与初始测量相比偏差不超过 5%；
- 直流参考电压：与初始测量相比偏差不超过 5%；0.75 倍直流参考电压下的漏电流：与初始测量相比变化不大于 20 μ A。

注：正在研究替换性试验。

10.8.14 气候老化试验

10.8.14.1 试品

依照下述试验序列 A，该试验应在盐雾条件下持续 1 000 h。如果环境条件恶劣（如 IEC 60815：1986 所规定的强阳光辐射、温度频繁变化并伴随冷凝、重污秽或超重污秽），经制造商与用户协商，可额外按照试验序列 B 进行 5 000 h 的试验。

试验序列 A：

进行 1 000 h 的试验（见 10.8.14.2.1）。该试验应在生产商推荐的具有最小爬电比距、最高额定电压的最长电气元件上进行。

试验序列 B：

经制造厂与用户双方同意后可进行 5 000 h（见 10.8.14.2.2）的试验。如果避雷器的 U_0 大于 14 kV，5 000 h 的试验可在与生产商推荐的具有最小爬电比距、最高额定电压的电气元件成任意比例的样品上进行，但样品的 U_0 不得低于 14 kV。如果避雷器的 U_0 等于或小于 14 kV，5 000 h 的试验应在整只避雷器上进行。

如果试验是在最小爬电比距及最高的额定电压的电气元件上进行的，经制造厂与用户协商后，试验序列 A 可以省略。

样品应能代表给定避雷器类型最严的结构设计。

注：针对不同类型避雷器相互比较的准则正在研究中。

10.8.14.2 试验程序

10.8.14.2.1 试验序列 A:1 000 h

试验是在盐雾条件下有时间限制的持续试验,对试品施加恒定的工频持续运行电压 U_0 。试验在抗腐蚀的、对湿气密封的雾室内进行。雾室提供的气孔应不大于 80 cm^2 ,用来自然排出废气。涡轮喷雾器或具有恒定喷雾量的增湿器可作为水的雾化设备。

雾应充满整个密封室,但不能直接喷到试品上。用NaCl和去离子水制备的盐水供给喷雾器。工频试验电压由试验变压器产生。当高压端负载有 250 mA(r. m. s.) 阻性电流时,试验回路的最大电压降应不大于5%。

保护等级应设定为 1 A(r. m. s.) 。试验开始前要用去离子水清洗试品。

试品要在垂直安装的情况下进行试验。为了避免电场畸变,雾室的墙和天花板与试品之间应有足够的间隙。这些数据可以在生产厂的安装说明书上获得。

- 试验持续时间:1 000 h;
- 水流速: $0.4\text{ L}/(\text{h}\cdot\text{m}^3)\pm 0.1\text{ L}/(\text{h}\cdot\text{m}^3)$;
- 水滴尺寸: $5\text{ }\mu\text{m}\sim 10\text{ }\mu\text{m}$;
- 温度: $20\text{ }^\circ\text{C}\pm 5\text{ K}$;
- 水中NaCl含量: $1\text{ kg}/\text{m}^3\sim 10\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

生产厂应说明水中盐含量的初始值。水的流速以试验室中每立方米小时流过多少升来定义。盐水再循环是不允许的。由于闪络引起的中断是允许的。如果发生一个以上的闪络,试验应中断。然而,在开始用自来水冲洗避雷器之前应继续施加盐雾。盐雾中断时间不得超过15 min。然后,以较低盐含量的水重新恢复试验。如果再次发生一个以上的闪络,则重复该程序。中断时间不应计入试验持续时间之内。

应记录水中的NaCl含量、闪络次数以及中断持续时间。

注1:在盐分范围内,较低盐含量可能会增加试验严格度。较高的盐含量增加闪络的可能性,这使得试验很难在较大直径的外套上进行。

注2:应该注明过电流跳闸次数,并在计算试验持续时间上考虑到这一点。

10.8.14.2.2 试验序列 B:5 000 h

除持续运行电压外,该试验还包括周期性施加各种不同应力:

- 模拟太阳能辐射;
- 人工降雨;
- 干热;
- 湿热(接近饱和);
- 室温下高湿度(应达到饱和);
- 低浓度盐雾。

另外,温度变化可能引起一定程度的机械应力,特别是在绝缘子界面。而且还可能引起冷凝现象,这在一个循环周期内会重复几次。

工频试验电压由试验变压器产生。当高压端负载有 250 mA(r. m. s.) 阻性电流时,试验回路的最大电压降应不大于5%。

保护等级应设定为 1 A(r. m. s.) 。

图12表示包括所有应力循环的一个实例,并说明如下:

- 每个循环持续24 h,程序性变化每2 h发生一次。
- 当没有加湿或加热时,避雷器应处于室温($15\sim 25\text{ }^\circ\text{C}$)和相对湿度($30\%\sim 60\%$)状态。
- 从室温升高到 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 的时间应少于15 min。
- 相对湿度上升到95%的时间应少于15 min,而相对湿度从95%达到规定值的98%,所需时间应不超过10 min。

10.8.14.3 试验评估

如果没有漏电痕迹(见 GB/T 19519—2004),如果腐蚀没有穿透整个外层厚度直到下一层材料,如果外裙和外套没有击穿,如果试验前后测量的参考电压下降不超过 5%,如果试验前后所测局部放电结果合格,即按照 8.8,局部放电水平不超过 10 pC,那么就认为通过了该试验。

10.8.15 拉伸负荷试验

10.8.15.1 总则

该试验验证生产商宣称的避雷器耐受拉伸负荷的能力。通常,避雷器的设计不是用于承受扭转负载。如果避雷器要承受扭转负载,经供需双方协商,可能要做一特别的试验。

该试验适用于所有悬挂安装式避雷器,这些避雷器可能包含一个或几个元件。

试验在整支避雷器或避雷器元件上进行。试品按正常安装方式将其悬挂在试验机的安装位上。负载施加于避雷器的自由端。负载的方向应为避雷器的纵轴方向

对复合外套(树脂浇铸除外)避雷器来说,型式试验时,试验负荷为避雷器的额定拉伸负荷;例行试验时,该试验负荷为避雷器的额定拉伸负荷的 50%,试验应在无内部压力的情况下进行。

注:复合外套避雷器还要另外进行湿气浸入试验(见 10.8.13),在这种试验中应在纵轴方向、不同温度下施加最大持续拉伸负荷。

10.8.15.2 具有封闭气体和独立密封系统的复合外套避雷器

10.8.15.2.1 样品准备

试品应包括内部另件。

试验前,每只试品都应进行如下试验:

- 10.8.13.1 中的电气试验;
- 按例行试验的要求进行密封检查。

10.8.15.2.2 试验程序

应在 30 s~90 s 时间内将拉伸负荷平稳增加到试验负荷值。到达试验负荷后,保持 60 s~90 s。在此期间测量伸长。然后平稳释放负荷,并记录残余伸长。

注:当施加应力时避雷器外套有可能会破碎和裂开,所以应特别小心。

10.8.15.2.3 试验评价

如果达到如下要求,该避雷器就视为是合格的。

- 无可见的机械损坏;
- 作用力-伸长曲线无突变;
- 去掉拉伸负荷后产品的残余伸长应为施加拉伸负载前产品高度的±5%以内。

注:±5%这个值仅做指导性参考,且仍处在考虑之中。

- 按例行试验的要求进行的密封检查合格。

然后试品进行浸水试验(见 10.8.13.3),如果能成功验证如下试验,则认为避雷器合格。

- 10.8.13.4 中的电气试验。

10.8.15.3 无密封气体的复合外套避雷器

10.8.15.3.1 样品准备

试品包含内部元件。

试验前,每一试品应接受 10.8.13.1 规定的电气试验。

10.8.15.3.2 试验程序

应在 30 s~90 s 时间内将拉伸负荷平稳增加到试验负荷值。到达试验负荷后,保持 60 s~90 s。在此期间测量伸长。然后平稳释放负荷,并记录残余伸长。

注:当施加应力时避雷器外套有可能会破碎和裂开,所以应特别小心。

10.8.15.3.3 试验评价

如果达到如下要求,该避雷器就视为是合格的。

- 无可见的机械损坏；
- 作用力-伸长曲线无突变；
- 去掉拉伸负荷后产品的残余伸长应为施加拉伸负载前产品高度的±5%以内。

注：±5%这个值仅做指导性参考，且仍处在考虑之中。

- 按例行试验的要求进行的密封检查合格。

然后试品进行浸水试验(见 10.8.13.3)，如果能成功验证如下试验，则认为避雷器合格。

- 10.8.13.4 中的电气试验。

10.8.16 避雷器复合外套外观检查

检查复合绝缘外套表面的缺陷(如缺胶、杂质、凸起等)，缺陷面积应符合 10.6.2 规定。

10.8.17 避雷器复合外套最小公称爬电比距检查

避雷器复合绝缘部分爬电距离的测量应符合 GB/T 775.1—2000 和 GB/T 775.3—2006 的规定。

10.9 例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验

10.9.1 例行试验

出厂的每只避雷器(或电阻片)应按表 19 的规定进行试验。如果避雷器(或电阻片)不满足表 18 中所规定的任何一项要求时，则此避雷器(或电阻片)认为不合格。

表 19 例行试验项目

序号	试验名称	试验依据	试验方法	试品
1	复合外套外观检查	10.6.2	10.8.16	避雷器或元件
2	拉伸负荷试验	10.6.1.2	10.8.15	避雷器或元件
3	密封试验	6.5	10.8.11	避雷器或元件
4	工频参考电压试验	6.2.1	8.15	避雷器或元件
5	直流参考电压试验	6.2.2	8.16	避雷器或元件
6	局部放电试验	6.4	8.8	避雷器或元件
7	0.75 倍直流参考电压下泄漏电流试验	6.19	8.17	避雷器或元件
8	标称放电电流残压试验	6.3	8.3	所有电阻片
9	持续电流试验	6.18	8.14	避雷器或元件
10	多柱避雷器电流分布试验	6.6	8.18	每组并联的电阻片柱

注 1：额定电压 42 kV 以下避雷器序号 4、6、9 项试验可不作。
注 2：拉伸负荷试验应在密封试验之前进行。

10.9.2 验收试验

当订货协议规定有验收试验时，则应按供货避雷器数量抽取大于立方根的最小整数进行下列试验：

- a) 外观检查；
- b) 直流参考电压试验；
- c) 例行密封试验；
- d) 局部放电试验；
- e) 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验；
- f) 残压试验。

10.9.3 定期试验

为了监视产品质量，对于生产的产品必须三年作一次定期试验，长期停产后恢复生产时应作定期试验。定期试验是从正常生产的产品中抽取，按表 20 进行。

表 20 定期试验项目

序号	试验名称	试验依据	试验方法	试品
1	残压试验 a) 陡波冲击残压试验 b) 雷电冲击残压试验 c) 操作冲击残压试验	6.3	8.3	3只避雷器或比例单元
2	长持续电流冲击耐受试验	6.8	10.8.4	3只避雷器或比例单元
3	动作负载试验(包括加速老化试验)	6.9	10.8.5	3只避雷器比例单元
4	工频电压耐受时间特性试验	6.10	附录D	每点1只比例单元
5	湿气浸入试验	10.6.4	10.8.13	1只避雷器或机械元件
6	气候老化试验	10.6.3	10.8.14	2只避雷器或电气元件
7	密封试验	6.5	10.8.11	额定电压192 kV及以上额雷器1只,其余3只

10.9.4 抽样试验

抽样试验主要对电阻片进行,应按批次以一定比例抽取试品。试验项目及试品数量见表 21,抽样试验用的试品不应装入避雷器。

用于抽样试验中的方波电流冲击耐受试验要求值见表 16,大电流冲击耐受试验值见表 18。

表 21 抽样试验项目

序号	试验名称	试验依据	试验方法	抽取试品数量
1	方波冲击电流耐受试验	6.8	10.8.4	1.0%(不少于5片)
2	大电流冲击耐受试验	6.20	8.19	5片
3	加速老化试验	6.9	10.8.5	3只试品
4	密封试验	6.5	10.8.11	额定电压90 kV及以上避雷器1只,其余3只,半年一次

注 1: 制造厂应至少半年对电阻片进行一次加速老化试验及大电流冲击耐受试验。
注 2: 加速老化试验中 K_a 值应不大于型式试验中加速老化试验所得的 K_a 值。若大于时,应重做动作负载试验。
注 3: 多柱避雷器做方波冲击耐受试验时,其每片电阻片的方波电流值应考虑电流分布不均匀程度。

11 气体绝缘金属封闭避雷器(GIS—避雷器)

11.1 范围

见第 1 章。

11.2 规范性引用文件

见第 2 章。

11.3 术语及定义

见第 3 章。并增加以下定义:

11.3.1 绝缘气体的额定密度 D_r (或额定压力 P_r)

由制造厂规定的,在投运前或补气后充入避雷器内的绝缘气体的密度 D_r (或压力 P_r),并折算到标准大气条件(+20 °C, 101.3 kPa)下。可以用相对压力或绝对压力表示。避雷器应在绝缘气体的额定密度下运行。

11.3.2 绝缘气体的最小运行密度 D_{me} (或最低运行压力 P_{me})

由制造厂规定,折算到标准大气条件(+20 ℃,101.3 kPa)下的绝缘气体的最小运行密度 D_{me} (或最低运行压力 P_{me})。可以用相对压力或绝对压力表示。绝缘气体低于此密度,避雷器的额定值将不能保证。因此需要及时补气。

11.3.3 绝对漏气率 F

单位时间内气体的漏失量,以 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 表示。

11.3.4 允许漏气率 F_p

制造厂规定的最大允许绝对漏气率。

11.3.5 相对漏气率 F_{rel}

在额定充气压力的系统中,相对于气体总量的绝对漏气率。以每年或每天的百分率表示。

11.4 标志及分类

除第 4.1 要求外,增加“20 ℃时绝缘气体的额定密度(或额定压力)”。

11.5 标准额定值和运行条件

见第 5 章。

11.6 技术要求

除下列要求外,其余适用于第 6 章:

避雷器的绝缘耐受要求由 11.6.1 替代;

避雷器的密封性能由 11.6.2 替代;

动作负载要求按 11.8.5 修正;

短路试验要求由 11.6.3 有关内容替换;

脱离器/故障指示器要求一不适用;

机械负载要求一不适用。

11.6.1 避雷器的内绝缘耐受性能

试验应在规定的报警压力(最小运行密度)下进行,低于此压力避雷器的绝缘耐受水平不能保证。

避雷器罐体内部的绝缘耐受电压应符合 GB 311.1—1997 中对高压电器绝缘的规定。

经供需双方协商,内部的绝缘耐受电压可按下列要求确定。

a) 单相避雷器

当按照 11.8.2 进行试验时,避雷器金属外套和内部元件之间的绝缘要能耐受如下电压:

——被保护设备的雷电冲击耐受电压,或者 1.3 倍的避雷器雷电冲击保护水平,取二者的较低值;

注 1: 对于瓷套避雷器,因数 1.3 包括了比标称放电电流更高的放电电流及大气条件下的变化。对于 GIS 避雷器,虽然与大气条件不相关,但仍保留因数 1.3 以提供更高的安全性。

——对额定电压为 288 kV 及以上的 10 000 A 和 20 000 A 的避雷器来说,为被保护设备的操作冲击耐受电压,或者 1.25 倍的避雷器操作冲击保护水平,取二者的较低值;

注 2: 对于瓷套避雷器,因数 1.25 包括比表 6 中最大值更高的放电电流及大气条件下的变化。对于 GIS 避雷器,虽然与大气条件不相关,但仍保留因数 1.25 以提供更高的安全性。

——对额定电压低于 200 kV 的 10 000 A 及 20 000 A 避雷器来说,为被保护设备的工频耐受电压或峰值等于操作冲击保护水平乘以 1.2 的工频电压,持续时间 1 min,取二者的较低值。

——对 1 500 A、2 500 A 和 5 000 A 的避雷器来说,为被保护设备的工频耐受电压,或者峰值等于雷电冲击保护水平的工频电压,持续时间 1 min,取二者的较低值。

b) 三相避雷器

三相避雷器绝缘耐受电压见表 22 和表 23。

表 22 10 000 A 及 20 000 A 三相 GIS 避雷器要求的耐受电压

电压 kV	耐受电压类型	试 验	注
$U_r < 288$	雷电冲击耐受电压	相对地及相对相: ● 被保护设备的耐受电压(见 GB 311.1—1997)或 ● 相对地: $1.3 \times$ 雷电冲击保护水平 ● 相对相: $1.3 \times$ 雷电冲击保护水平 + $U_c \times \sqrt{2}$	取较低值
	工频耐受电压	相对地及相对相: ● 被保护设备的耐受电压(见 GB 311.1—1997)或 ● 相对地: $U_{ac} = 1.2 \times$ 操作冲击保护水平 ● 相对相: $U_{ac} = 1.2 \times$ 操作冲击保护水平 + $U_c \times \sqrt{2}$	取较低值
$U_r \geq 288$	雷电冲击耐受电压	相对地及相对相: ● 被保护设备的耐受电压(见 GB 311.1—1997)或 ● 相对地: $1.3 \times$ 雷电冲击保护水平 ● 相对相: $1.3 \times$ 雷电冲击保护水平 + $U_c \times \sqrt{2}$	取较低值
	操作冲击耐受电压	相对地及相对相: ● 被保护设备的耐受电压(见 GB 311.1—1997)或 ● 相对地: $1.25 \times$ 操作冲击保护水平 ● 相对相: $2.5 \times$ 操作冲击保护水平	取较低值
	工频耐受电压	相对地及相对相: ● 被保护设备的耐受电压(见 GB 311.1—1997)或 ● 相对地: $U_{ac} = 1.2 \times$ 操作冲击保护水平 ● 相对相: $U_{ac} = 1.2 \times$ 操作冲击保护水平 + $U_c \times \sqrt{2}$	取较低值

表 23 1 500 A、2 500 A 及 5 000 A 三相 GIS 避雷器要求的耐受电压

耐受电压类型	试 验	注
雷电冲击耐受电压	相对地及相对相: ● 被保护设备的耐受电压(见 GB 311.1—1997)或 ● 相对地: $1.3 \times$ 雷电冲击保护水平 ● 相对相: $1.3 \times$ 雷电冲击保护水平 + $U_c \times \sqrt{2}$	取较低值
工频耐受电压	相对地及相对相: ● 被保护设备的耐受电压(见 GB 311.1—1997)或 ● 相对地: $U_{ac} =$ 雷电冲击保护水平 ● 相对相: $U_{ac} =$ 雷电冲击保护水平 + $U_c \times \sqrt{2}$	取较低值

11.6.2 避雷器的密封性能

避雷器应有可靠的密封。在避雷器寿命期间,不应因密封不良而影响避雷器的运行性能, SF_6 气体从避雷器内部泄漏到大气的相对年漏气率应小于 1%/年。

11.6.3 GIS 避雷器外壳的要求

避雷器的金属外壳应设置牢固的接地装置,金属外壳应能承受运行中出现的正常和瞬时的压力。

在确定设计压力时,气体温度应取外壳温度的上限。

如果避雷器具有独立的内部外壳,外壳带有压力释放装置,则不进行短路试验,若避雷器的金属外壳不带压力释放装置,则适用于 8.7。在这样的情况下,仅需对额定短路电流进行试验。

11.6.3.1 外壳设计

金属外壳的设计应满足 GB 7674—1997 和 GB 3906—2006 的要求。不论焊接或铸造的外壳,其厚度和结构的设计计算,可按压力容器要求进行,应考虑振动、温度变化、短路电流的作用和气候条件的影响。

11.6.3.2 外壳强度试验

外壳和部件强度无论是否通过计算确定,均应进行规定的试验。

11.6.3.2.1 破坏压力试验

破坏压力试验应不小于设计压力的 3.5 倍,壳体应无损坏。

11.6.3.2.2 非破坏性压力试验

每个壳体都应耐受规定的压力试验而无变形,无泄漏气体现象。

试验压力为设计压力的 K 倍:对于焊接外壳 $K=1.3$,对于铸造外壳 $K=1.5$ 。

11.6.3.3 外壳检验

对焊接外壳的焊缝,除无法探伤部位外,应按规定进行无损探伤检查。

11.6.3.4 加装防爆膜的要求

当壳体加装防爆膜压力释放装置时,其动作压力和外壳的设计压力的关系要适当配合以减少防爆膜不必要的爆破。

11.6.3.5 认证书

壳体制造厂需提供壳体材料的材质化验认证书。

11.6.4 避雷器内部绝缘气体的额定密度和最小运行密度

避雷器在绝缘气体的额定密度下运行,该额定密度由制造厂选定。

绝缘气体的最小运行密度由制造厂规定,低于此密度,避雷器与此有关的额定值不能保证。

11.6.5 避雷器中绝缘气体的要求

如果避雷器是充 SF_6 气体的,新的 SF_6 气体的质量要求应符合 GB/T 11023—1989 标准规定。

避雷器中 SF_6 气体微水含量允许交接验收值为 250 ppm(体积比),运行中 SF_6 气体的质量要求,由用户和制造厂商定。

11.6.6 避雷器的局部放电特性

避雷器在 1.1 倍持续运行电压下的内部局部放电量应不大于 10 pC。

11.6.7 避雷器的运输振动性能

避雷器的结构应牢固,满足运输的要求而不损坏。

11.7 试验要求

见第 7 章。

11.8 型式试验(设计试验)

11.8.1 总则

型式试验按表 24 的要求进行。

11.8.2 避雷器内绝缘耐受试验

11.8.2.1 总则

这些试验验证避雷器的内部元件和金属外套之间的绝缘耐受能力以及对三相避雷器而言,其相间的绝缘耐受能力。

绝缘耐受试验还应确保对所有内部元件应至少在与运行中的最高应力等值的情况下进行试验。因此,有必要对独立的单个元件进行试验以验证所要求的耐受电压(见 11.8.2.5)。

对单相避雷器来说,在整只避雷器上进行试验,金属氧化物电阻片被绝缘部件所替换。可以用均压元件替换绝缘部件,以控制沿避雷器轴线的电压分布。

对三相避雷器来说,试验中没有加压的相应与地连接。对连接到电源上的工作部件,应用绝缘部件

替换金属氧化物电阻片。可以用均压元件替换绝缘部件,以控制沿避雷器轴线的电压分布。

注:由于在GIS避雷器中,对地电容的影响很大,要用均压元件获得线性电压分布可能很难甚至几乎不可能。在电压分布不均匀或无任何均压元件的情况下进行该试验代表了最不好的情况,试验结果是偏保守的。

所有绝缘试验应在制造厂规定的绝缘气体的最小运行密度下进行。

表 24 GIS 用避雷器型式试验项目

序号	试验名称	试验依据	试验方法	试品数量
1	避雷器内绝缘耐受试验	11.6.1	11.8.2	1台避雷器(除去内部电阻片)
2	残压试验	6.3	11.8.3	3只比例单元
3	长持续时间电流耐受试验	6.8	11.8.4	3只比例单元
4	工频电压耐受时间特性试验	6.10	附录D	4只比例单元
5	动作负载试验	6.9	11.8.5	3只比例单元
6	短路试验	11.6.3	11.8.7	1台避雷器
7	局部放电试验	11.6.6	11.8.8	1台避雷器
8	密封性能试验	11.6.2	11.8.9	1台避雷器
9	持续电流试验	6.18	8.14	1台避雷器
10	工频参考电压试验	6.2.1	8.15	1台避雷器
11	直流参考电压试验	6.2.2	11.8.6	装配前全部电阻片
12	0.75倍直流参考电压下漏电流试验	6.17	11.8.13	装配前全部电阻片
13	运输试验	11.6.7	11.8.11	1台避雷器
14	壳体强度试验	11.6.3	11.8.10	1只壳体
15	SF ₆ 气体水分检测	11.6.5	11.8.12	1台避雷器
16	多柱避雷器电流分布试验	6.6	8.18	1台避雷器

11.8.2.2 雷电冲击电压试验

按照 GB/T 16927.1—1997,避雷器应进行标准雷电冲击电压试验。

a) 单相避雷器

试验电压按 11.6.1 规定。

在每种极性下连续施加 15 次等于试验电压值的冲击。如果没有破坏性放电发生,该避雷器就通过了该试验。如果出现破坏性放电,应遵守 GB 7674—1997 和 GB 3906—2006 中的试验判据。

b) 三相避雷器

试验电压按 11.6.1 规定。

试验应从相对地绝缘试验开始。对一相施加试验电压时,其他相接地。

相对地绝缘试验后,应进行相对相绝缘试验。可以只用冲击电压或冲击电压和工频电压来进行该试验。这由制造商来选择。

如果该试验只使用冲击电压来进行,应使用与相对地试验时同样的试验接线。

如果使用冲击电压和工频电压来进行试验,那么只有一相与地连接。冲击电压施加到第二相,同时工频电压施加到第三相,应以这样的方式施加电压,当对第二相施加冲击电压时,其工频电压达到反极性的峰值。

除非考虑到电的对称性,证明了没有必要,否则就应对三个带电部件的所有可能的组合方式重复进行相对地试验和相对相试验。

在两种试验中,应该在每种极性下连续施加 15 次等于试验电压值的冲击。如果没有破坏性放电发

生,该避雷器就通过了该试验。如果出现破坏性放电,应遵守 GB 7674—1997 和 GB 3906—2006 中的试验判据。

11.8.2.3 操作冲击电压试验

按照 GB/T 16927.1—1997,避雷器应进行标准操作冲击电压试验。

a) 单相避雷器

试验电压按 11.6.1 规定。

在每种极性下应连续施加 15 次等于试验电压值的冲击。如果没有破坏性放电发生,该避雷器就通过了该试验。如果出现破坏性放电,应遵守 GB 7674—1997 和 GB 3906—2006 中的试验判据。

b) 三相避雷器

试验电压按 11.6.1 规定。

该试验应从相对地绝缘试验开始。对一相施加试验电压时,其他相接地。

相对地绝缘试验后,相对相绝缘试验可以不改变试验接线,而将试验电压提高到所需水平。

如果发生闪络或者预期可能发生闪络,应采用下面两种试验方法的一种来进行试验。由制造商选择。

——避雷器一相接地。应对其他两相施加两个具有相等幅值和相反极性的操作冲击。两个冲击应该同时到达其峰值。每个冲击的幅值应为所需相对相操作冲击耐受电压的一半(按照 GB 311.1—1997 进行相对相试验)。

——避雷器一相接地。对第二相施加与所需相对地要求值相等的操作冲击,对第三相施加工频电压。应以这样的方式施加电压,在反极性的工频电压峰值下,操作冲击达到峰值。在操作冲击达到峰值时,两个电压之间的差值应等于所需的相对相操作冲击耐受电压(按照 GB 311.1—1997 的纵向绝缘试验)。

除非考虑到电的对称性,证明了没有必要,否则就应对三个带电部件的所有可能的组合方式重复进行相对地试验和相对相试验。

在两种试验中,应该在每种极性下连续施加 15 次等于试验电压值的冲击。如果没有破坏性放电发生,该避雷器就通过了该试验。如果出现破坏性放电,应遵守 GB 7674—1997 和 GB 3906—2006 中的试验判据。

11.8.2.4 工频电压试验

a) 单相避雷器

试验电压按 11.6.1 规定。

如果没有发生破坏性放电,避雷器就通过了该试验。

b) 三相避雷器

试验电压按 11.6.1 规定。

该试验应从相对地绝缘试验开始。施加试验电压到一相,同时其他相接地。

相对地绝缘试验后,应进行相对相绝缘试验;如果只使用工频电压进行该试验,就不用改变试验接线,而将施加的电压增加到所要求的相对相规定值。

如果没有发生破坏性放电,避雷器就通过了该试验。

也可以采用下面的试验程序。避雷器一相接地。等于 1.2 倍操作冲击保护水平的冲击电压施加到第二相,同时与 U_0 相等的工频电压施加到第三相。应以如下方式进行,在将冲击电压施加到第二相的时候,工频电压达到其相反极性的峰值。

除非考虑到电对称性,证明了没有必要,否则就应对三个带电部件的所有可能的组合方式重复进行相对地试验和相对相试验。

在每种极性下连续施加 15 次等于试验电压值的冲击。如果没有破坏性放电发生,该避雷器就通过了该试验。如果出现破坏性放电,应遵守 GB 7674—1997 和 GB 3906—2006 中的试验判据。

11.8.2.5 GIS 避雷器带电部件的耐受试验

对于有带电部件的 GIS 避雷器, (其带电部件包含有电气上串联, 但几何上用绝缘材料使之并联的许多电阻片), 其固定电阻片的绝缘材料耐受电压的能力, 以及支撑结构及电阻片柱间的绝缘都应进行试验。

试验应以这样的方式进行, 即上面所提到的所有的电压应力都应该考虑到。施加的电压应力由制造商和用户协商。

试验时, 试验样品可处于整支避雷器所规定的最小密度的实际气体中。

11.8.3 残压试验

见 8.3。

11.8.4 长持续时间冲击电流耐受试验

见 8.4。

11.8.5 动作负载试验

除以下要求外, 其余适用于 8.5。

11.8.5.1 概述

本条替代 8.5.1。

如 6.9 所述, 本试验是对避雷器施加一定次数的规定冲击, 并同时施加规定电压和频率的工频电源以模拟运行条件。电压测量的精度应为 $\pm 1\%$, 并且从空载到满载电压峰值的变化不允许大于 1% 。电压峰值与有效值之比与 $\sqrt{2}$ 的偏差不大于 2% 。在动作负载试验期间, 工频电压与规定值的偏差应不大于 $\pm 1\%$ 。

通过该项试验的主要要求是, 避雷器在施加工频电压时能够逐渐冷却, 即不出现热崩溃。因此要求被试避雷器比例单元的暂态及稳态热耗散能力等于或小于整只避雷器的热耗散能力, (见 8.5.3)。

试验程序包括:

- 初始测量;
- 预备性试验;
- 施加冲击;
- 测量和检查。

该程序见图 1、图 2 和附录 C 中图 C.1。

试验应按 7.2 和 8.1 进行。在环境温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ 下对 3 只完整避雷器或避雷器比例单元试品进行。若被试避雷器的额定电压不小于 3 kV , 则试品的额定电压应不小于 3 kV , 但不必超过 12 kV 。若避雷器的脱离器/故障指示器与避雷器设计成一体时, 该试验必须按运行条件带脱离器/故障指示器进行(见 8.6)。

对于额定电压 12 kV 以上的避雷器, 因现有试验设备的限制, 通常需要在避雷器比例单元上进行。重要的是施加在试品上的电压和通过试品的工频电流应尽可能代表整只避雷器的条件。

避雷器成功地通过动作负载试验的评价参数是电阻片的功率损耗。因此应在升高的试验电压 U_c^* 、 U_r^* 下对新电阻片进行动作负载试验。以使新电阻片在 U_c^* 、 U_r^* 下给出的功率损耗相同于已老化的电阻片分别在持续运行电压和额定电压下的功率损耗。升高的试验电压应按 8.5.2.2 中规定的加速老化程序确定。

施加在试验避雷器比例单元上的工频试验电压应该为整支避雷器的持续运行电压(见 3.9)及额定电压(见 3.8)除以等同避雷器比例单元的总数 n (见 7.2)。 U_{sc} 等于 U_c/n , U_{sr} 等于 U_r/n , 并应按照 8.5.2.2 进行修正, 以确定提高了的试验电压 U_c^* 及 U_r^* 。

注: 图 1 和图 2 规定的预热温度 $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$ 是加权平均温度, 它包括环境温度、太阳辐射以及避雷器外套上污秽的影响。

避雷器电阻片间电压不均匀的作用, 应当在不超过避雷器的持续运行电压的电压下, 通过电压分布

测量或计算程序计算来证实,进行的计算及测量对于所研究的额定电压±25%都是有效的。

为了证实整支避雷器及避雷器节之间的热等价性,试验必须符合附录 B 的要求。

避雷器比例元件仅需要代表整只避雷器的热性能就行了,不必要满足 8.5.3.2 的 b) 款的要求,比例元件的工作部件不必包含支撑结构的元件。

避雷器比例元件的动作负载试验对单相避雷器以及三相避雷器都是有效的。

加速老化试验应在充 SF₆ 气体的容器内进行,以确定 SF₆ 气体对电阻片老化性能的影响。如制造厂通过试验,证明在空气中进行的加速老化试验和在 SF₆ 气体中进行的加速老化试验等价,以后则可在空气中进行加速老化试验。

11.8.6 直流参考电压试验

在避雷器未装配前,将装入罐内全部电阻片施加直流电压,当通过电阻片的电流等于直流参考电流时,测出电阻片上的直流电压值。如参考电压与极性有关时,取低值。

11.8.7 短路试验

依据避雷器的结构类型,应用 8.7 和 11.6.3。

11.8.8 内部局部放电试验

见 8.8。

11.8.9 密封性能试验

避雷器应进行密封性能试验,以验证其满足 11.6.2 规定的允许相对年漏气率的要求。

避雷器内部充入额定气压的 SF₆ 气体,用塑料布覆盖罐体所有的密封面、接头等处,24 h 后用灵敏度高的 SF₆ 气体检漏仪测定塑料布内的 SF₆ 气体量,气体年漏率应小于 1%/年。

密封性能试验方法见 GB/T 11023—1989。

11.8.10 外壳强度试验

外壳及其零部件应进行强度试验,试验在尚未装入内部元件的单独外壳上进行。

11.8.10.1 破坏压力试验

破坏压力试验采用水压法。压力升高速度不应大于 400 kPa/min,破坏压力试验值应不小于设计压力的 3.5 倍。试验后的外壳,即使完整无缺,也不得使用。

破坏压力试验主要考核壳体的设计及工艺的可靠性及安全裕度。该项试验为型式试验。

11.8.10.2 非破坏性压力试验

所有壳体在制造好之后应进行例行水压试验,试验方法见 GB 7674—1997。

11.8.10.3 壳体焊缝的检查

全部焊缝应进行目视检查,不能有任何裂缝、气泡、针孔、焊瘤及缩孔;焊缝应光滑,不能有尖角毛刺。

全部直焊缝应进行 X 射线探伤检查。

全部环焊缝要进行着色法检查。

11.8.11 运输试验

整台避雷器应正置固定于卡车上,在三级公路上运输 300 km,车速为 25 km/h~35 km/h,急刹车 10 次。试验后罐体内电阻片均压罩应无明显变形、螺钉无松动。

11.8.12 SF₆ 气体水分检测

水分检测的试验方法按 GB/T 8905—1996 规定。

11.8.13 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验

在避雷器未装配前,将装入罐内全部电阻片施加 0.75 倍直流参考电压,测量通过避雷器的漏电流,如漏电流与极性有关,取高值。

11.9 例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验

11.9.1 例行试验

出厂的每只避雷器(或电阻片)应按表 25 的规定进行试验。如果避雷器(或电阻片)不满足表 25 中所规定的任何一项要求时,则此避雷器(或电阻片)认为不合格。

11.9.2 验收试验

当订货者在订货协议规定有验收试验时,进行下列试验:

- a) 外观检查:检查外观、铭牌及其附件有无缺少或损坏;
- b) 持续电流试验;
- c) 工频参考电压试验;
- d) 局部放电试验;
- e) 密封试验;
- f) 避雷器的残压试验;
- g) SF₆ 气体水分检测。

表 25 避雷器例行试验项目

序号	试验名称	试验依据	试验方法	试 品
1	持续电流试验	6.18	8.14	避雷器
2	标称放电电流残压试验	6.3	8.3	所有电阻片
3	工频参考电压试验	6.2.1	8.15	避雷器
4	直流参考电压试验	6.2.2	11.8.6	装配前全部电阻片
5	0.75 倍直流参考电压下漏电流试验	6.19	11.8.13	装配前全部电阻片
6	密封性能试验	11.6.2	11.8.9	避雷器
7	局部放电试验	11.6.6	11.8.8	避雷器
8	多柱避雷器电流分布试验	6.6	8.18	每组并联的电阻片柱
9	壳体强度试验	11.6.3	11.8.10.2	壳体
10	SF ₆ 气体的水分检测	11.6.5	11.8.12	避雷器

11.9.3 验收试验

当订货者在订货协议规定有验收试验时,进行下列试验:

- a) 外观检查:检查外观、铭牌及其附件有无缺少或损坏;
- b) 持续电流试验;
- c) 工频参考电压试验;
- d) 局部放电试验;
- e) 密封试验;
- f) 避雷器的残压试验;
- g) SF₆ 气体水分检测。

11.9.4 定期试验

见 9.3。

11.9.5 抽样试验

见 9.4。

11.10 现场安装后的试验

如果避雷器是以不完整装配的方式发送到现场的,应当用制造厂采用的任何合适的方法检查安装是否正确。

如果需用冲击或工频电压对带有避雷器的气体绝缘开关设备的绝缘能力进行试验,应当将避雷器取出或使之不起作用以容许这些试验的进行。

12 分离型及外壳不带电型避雷器

12.1 范围

本章适用于具有绝缘外壳及/或屏蔽外壳的避雷器,该外壳提供避雷器内部绝缘,该避雷器装在封闭箱壳内保护配电设备及网络。

12.2 规范性引用文件

见第 2 章。

12.3 术语及定义

见第 3 章。

12.4 标志及分类

见第 4 章。

12.5 标准额定值和运行条件

除下列要求外,其余适用于第 5 章。

12.5.1 正常运行条件

符合本标准的避雷器在下述正常运行条件下应能正常运行。

- a) 外壳不带电型避雷器邻近处的环境温度在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内;
- b) 避雷器邻近处的外部热源导致外壳不带电型避雷器的最高温度不超过 $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$;

注:太阳最大照射(1.1 kW/m^2)的影响已通过型式试验中把试品预热的方法予以考虑。如果在避雷器附近有其他热源,避雷器的使用需经供需双方协商。

- c) 海拔不超过 $1\ 000\text{ m}$;
- d) 电源的频率不小于 48 Hz ,不超过 62 Hz ;
- e) 长期施加在避雷器端子间的工频电压应不超过避雷器的持续运行电压;
- f) 机械条件(正在考虑中)。

12.6 技术要求

除下列要求外,其余适用于第 6 章。

12.6.1 短路试验

制造厂宣称具有短路额定值的避雷器不应在故障时导致剧烈粉碎。

所有的可分离型避雷器及外壳不带电型避雷器应该能够耐受电阻片故障而不会使避雷器的部件穿过外壳,除了为此目的而特殊设计的部位。

12.7 试验要求

见第 7 章。

12.8 型式试验(设计试验)

12.8.1 总则

型式试验按表 26 的要求进行。

表 26 可分离型及外壳不带电型避雷器型式试验项目

序号	试验名称	试验依据	试验方法	试品数量
1	绝缘耐受试验	12.8.2	12.8.2	3 只避雷器(除去内部电阻片)
2	残压试验	6.3	12.8.3	3 只比例单元
3	长持续时间电流耐受试验	6.8	12.8.4	3 只比例单元
4	工频电压耐受时间特性试验	6.10	附录 D	4 只比例单元

表 26 (续)

序号	试验名称	试验依据	试验方法	试品数量
5	动作负载试验	6.9	12.8.5	3只比例单元
6	短路试验	12.8.7	12.8.7	4台避雷器
7	局部放电试验	12.8.8	12.8.8	3台避雷器
8	密封性能试验	6.5	8.11	3台避雷器
9	持续电流试验	6.18	8.14	3台避雷器
10	工频参考电压试验	6.2.1	8.15	3台避雷器
11	直流参考电压试验	6.2.2	8.16	3台避雷器
12	0.75倍直流参考电压下漏电流试验	6.19	8.17	3台避雷器
13	多柱避雷器电流分布试验	6.6	8.18	1台避雷器
14	机械负荷试验	6.14	8.9	1台避雷器

12.8.2 避雷器外壳的绝缘耐受试验

除下列要求外,其余适用于8.2。

12.8.2.1 未屏蔽的可分离型避雷器的绝缘耐受试验

对于未屏蔽的可分离型避雷器,当间隔距离小于GB 311.1—1997的规定时,应将三只样品装于接地的终端试验箱内,如图14所示。如果试验箱是对称的,可对避雷器1和2进行试验,如果试验箱是不对称的,所有三只试品都应该进行试验, a, b, c, d 及 e 的最小容许间隔距离应该在避雷器所带文件中说明。对于屏蔽的可分离型避雷器,可只进行单相试验。

绝缘耐受试验可能对装有非线性电阻片的避雷器进行,在这种情况下,被试单元应与地电位绝缘。当进行冲击试验时,被试避雷器相邻的避雷器应当接地。

对中性点有效接地系统,其绝缘耐受试验值应符合表27的要求。对中性点非有效接地系统,其绝缘耐受试验值应符合GB 311.1—1997的规定。

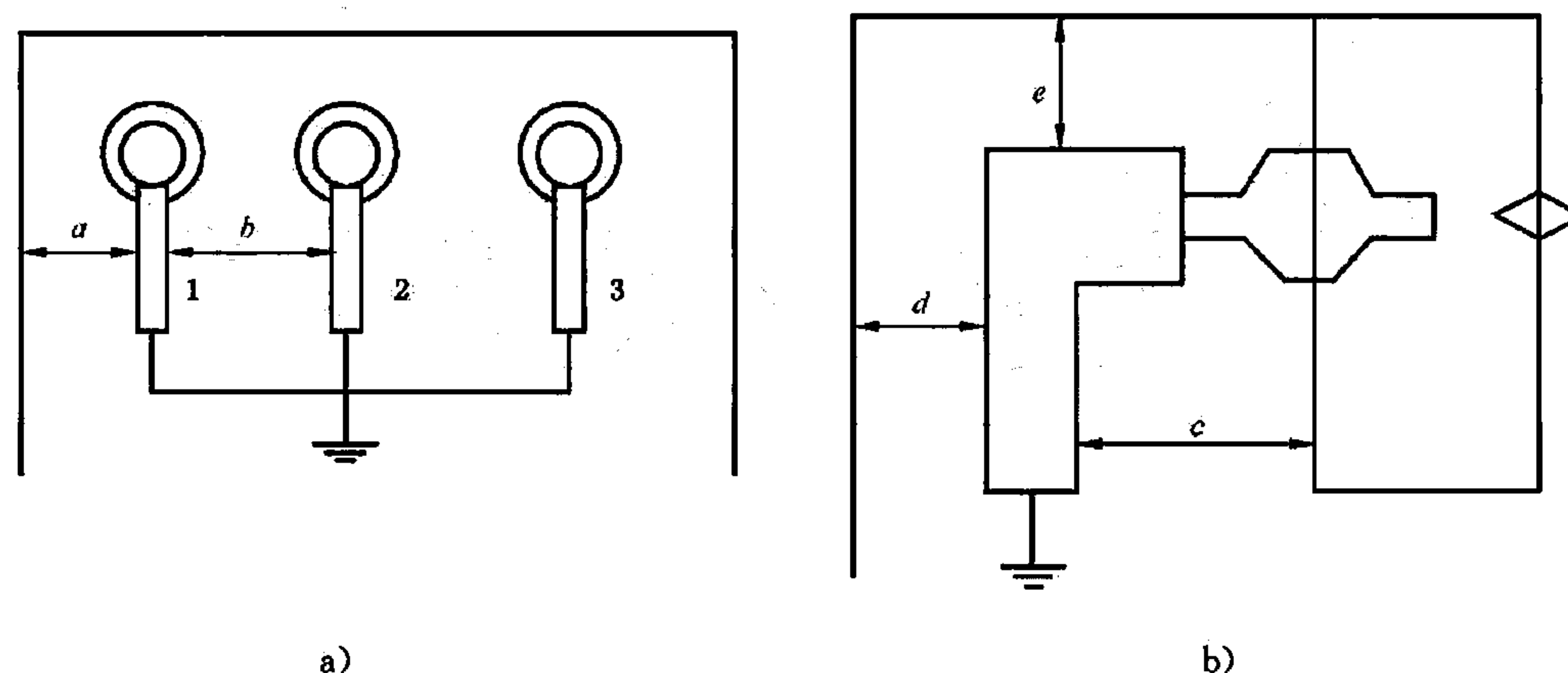


图 14 在绝缘外壳中可分离避雷器的绝缘耐受试验装置

表 27 无屏蔽可分离型避雷器的绝缘耐受试验电压

设备的最高电压 kV	1.2/50全波冲击试验 kV(峰值)	50/60 Hz 试验电压 kV(r. m. s)
12	75	28
17.5	95	38

表 27 (续)

设备的最高电压 kV	1.2/50 全波冲击试验 kV(峰值)	50/60 Hz 试验电压 kV(r. m. s)
24	125	50
36	170	70

注：对于“设备的最高电压”的其他值，采用 GB 311.1—1997 中的试验电压。

12.8.2.2 在屏蔽外壳中的外壳不带电型避雷器及可分离型避雷器的绝缘耐受试验

对于在屏蔽外壳中的外表不带电避雷器及可分离避雷器，非线性电阻片要拿掉代之以外径与电阻片的直径相同的金属棒，金属棒的长度应该至少为电阻片柱的总长的三分之二，棒的低端应该做成一个能够将介电强度减少到最低的形状(如半球形)，为了隔离在外壳低端的屏蔽，外壳的其余长度部分应当充填以绝缘材料(固体或液体)以防止试验时在界面处击穿，高压端子应加压，屏蔽外壳应接地。

对中性点有效接地系统，其绝缘耐受试验值应符合表 27 或表 28 的要求。对中性点非有效接地系统，其绝缘耐受试验值应符合 GB 311.1—1997 的规定。

表 28 在屏蔽外壳内的外表不带电型避雷器或分离型避雷器的绝缘耐受电压

系统额定等级 kV	1.2/50 全波冲击试验 kV(峰值)	50/60 Hz 试验电压 kV(r. m. s) (施加 1 min)	DC 试验电压 kV 施加 15 min
15	95	34	53
25	125	40	78
35	150	50	103

12.8.3 残压试验

见 8.3。

12.8.4 长持续冲击电流耐受试验

见 8.4。

12.8.5 动作负载试验

除下列要求外，其余适用于 8.5。

12.8.5.1 试验程序

本条替代 8.5.2.1。

将已校正的最大持续运行电压 U_n (见下述)施加到 3 只电阻片试品上 1 000 h，在 1 000 h 期间应控制电阻片的表面温度在 $115\text{ }^\circ\text{C} \pm 4\text{ K}$ 。

在老化试验时，应该与整支避雷器设计一样，具备所有直接与电阻片接触的材料(固体或液体)。

在加速老化试验时，电阻片应该置于和避雷器中相同的介质中。在这种情况下，老化试验应在处于封闭容器内的单片电阻片上进行，容器的容积应至少为电阻片体积的 2 倍，并且容器内的介质密度不能低于避雷器中介质密度。

注：在避雷器的正常寿命期内，避雷器内电阻片周围的介质可能由于内部放电的原因而会有一些改变。电阻片周围介质的改变可能性会明显增加功率损耗。

考虑这种情况合适的试验程序正在研究之中。目前有一个程序可以作为选择，就是在含有低的氧气浓度(低于 0.1% 体积)的 N_2 或 SF_6 (对 GIS 避雷器)中进行这个试验。这就保证，即使在完全缺氧的情况下，避雷器仍不会老化。

如果制造商能够证明，在敞开的空气中进行本试验等价于在实际介质中进行的试验，则可以在敞开的空气中进行老化试验。用于本试验程序中的电压是电阻片在避雷器中应承受的校正后的最大持续运

行电压(U_{cr}),该电压包括电压分布不均匀影响,这个电压可以通过电压分布的测量或计算来确定。对于屏蔽类避雷器,制造厂应通过计算求出这一电压值,外壳不带电型避雷器应该加压 2 000 h。

上述老化试验程序应在 3 只典型的电阻片元件试品上进行,试品的参考电压应满足 7.2 的要求。工频电压应满足动作负载试验规定的老化试验要求(见 8.5.1)。

12.8.5.2 施加冲击电流

本条替代 8.5.4.2。

在动作负载试验开始时,比例单元的温度应在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 15\text{ K}$ 范围内。

比例单元应耐受表 29 规定的峰值和波形的大电流冲击 2 次,强雷电负载避雷器应耐受附录 C 中规定的峰值为 40 kA 波形 30/80 冲击 3 次。

表 29 大电流冲击要求

避雷器的等级	电流峰值 4/10 kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10

注:根据运行条件电流峰值可以取其他值(较低或较高)。

两次冲击之间比例单元应在烘箱内预热,使施加第 2 次冲击时,对可分离型避雷器试品的温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ K}$,对外壳不带电型避雷器试品的温度为 $85\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ K}$ 。试验应在环境温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 15\text{ K}$ 下进行。

如果由于严重污秽或非正常运行条件认为必须用更高的温度时,经供需双方协商试验可使用更高的温度。

设备调整使得测得冲击电流的值在下列的极限范围内:

- 规定的电流峰值的 90%~110%;
- 视在波前时间从 $3.5\text{ }\mu\text{s}\sim 4.5\text{ }\mu\text{s}$;
- 试在波尾半峰值时间从 $9\text{ }\mu\text{s}\sim 11\text{ }\mu\text{s}$;
- 任何反极性电流波的峰值应该小于电流峰值的 20%;
- 冲击电流上的小的振荡是允许的,只要它们在接近冲击电流峰值时的幅值小于电流峰值的 5%,在这种情况下,为了测量的目的,应该采用平均曲线来确定峰值。

预备性试验及随后的大电流冲击应该施加相同的极性。

附录 H 叙述了可供使用的典型试验回路。

在最后一次大电流冲击后,应尽可能快且在不超 100 ms 内向试品施加 10 s 升高的额定电压(U_r^*),然后再接着施加 30 min 升高的持续运行电压(U_c^*)(见 8.5.2),以证明热稳定或热击穿。

注:为了再现实际系统条件,应该是在试品施加电压 U_r^* 时,施加第二次大电流冲击,鉴于实际的试验回路的限制允许 100 ms。

每次冲击应记录电流波形。同一试品的电流波形不应出现显示试品击穿或闪络的差异。

在施加升高的持续运行电压(U_c^*)期间,应连续记录试品电流值。

在施加工频电压期间,应监测电阻片温度或电流阻性分量或功率损耗,以证明热稳定或热崩溃(见 8.5.6)。

在完成整个试验程序且在试品冷却到接近环境温度后,重复试验程序开始时的残压试验。

如达到热稳定,试验前后测得的残压变化不大于 5%,且试验后检查试品,电阻片无击穿、闪络或破碎痕迹,则认为避雷器通过了本试验。

12.8.6 脱离器/故障指示器的试验

见 8.6。

12.8.7 短路试验

依据制造厂宣称的避雷器额定短路电流值,按照 8.7 进行短路试验。试验中避雷器的故障不会导致外套剧烈爆炸,适用于可分离型避雷器及外壳不带电型避雷器的要求修改如下。

12.8.7.1 总则

本条替代 8.7.1。

依据制造厂宣称的避雷器额定短路电流值,按照本条款进行短路试验。试验中避雷器的故障不会导致外套剧烈爆炸。

每一种避雷器设计要用 2 组短路电流进行试验。

——大短路电流包括额定短路电流及 2 个降低的短路电流进行试验。

——小短路电流。

注:避雷器关于短路特性可以有两种原则上设计。

一种避雷器设计是利用内部过压力,它是由于避雷器元件的短路而产生的内部电弧造成的。过压力是由于加热封闭的一定体积的气体或液体,使之膨胀,导之压力释放装置爆破或翻转(在这种情况下,这类试验有时又叫做“压力释放试验”),在过压力释放之前,避雷器外套不能破坏。

另一种设计通常是紧凑的,没有封闭的气体或液体体积,没有压力释放装置,这类设计的短路性能取决于电弧直接烧穿或撕裂外套的能力。

如果避雷器装配一种与传统的压力释放装置不同的装置,这种装置应该包括在试验中。

对于额定的及降低的短路电流,试验样品准备的方法依据避雷器的结构而定,对于装有压力释放装置的避雷器,电阻片外部用一根熔丝旁路,对于没有压力释放装置的避雷器,电阻片可用过电压预故障,或在电阻片中钻孔并用熔丝在孔中将电阻片旁路。

对于小电流短路试验,电阻片用过电压预故障。

短路电流试验电源的频率,应当不低于 48 Hz,不高于 62 Hz。

经供需双方协商,可以用相互同意的试验程序及试验判据来进行多次预故障试验。

所有的可分离型避雷器及外壳不带电型避雷器都应该能够耐受电阻片的破坏而不会把避雷器的另件通过外壳本体抛出去,除了为此目的特殊设计的要求。应该在给定的型号及设计的最高额定电压值的完整的避雷器元件上进行这项试验,该试验可以证实低于该额定电压值的相同型式及设计的避雷器也符合本标准。

试品应当根据 8.7.2 准备。

12.8.7.2 试品的安装

本条替代 8.7.3。

外表不带电型避雷器的试品应当装在一个标准的对接套管上模拟正常运行条件。

可分离型避雷器应当安装在单独的间隔内进行短路试验,应按照 GB/T 17467—1998 的 10.2.3 进行安装。

12.8.7.3 试验结果的评价

本条替代 8.7.6。

外壳破裂伴随有避雷器另件通过本体抛出,应认为避雷器没有通过本试验,避雷器部件包括非线性电阻片经过带有释放底盖的底部抛出,或为此目的设计的其他部件抛出是可以接受的。

12.8.8 内部局部放电试验

本条替代 8.8。

型式试验应在整只避雷器上进行,并按实际运行情况安装。

经供需双方同意,型式试验可以在避雷器元件上进行。此时,应该对避雷器最长的电气元件进行试

验,如果其不代表避雷器单位长度最高的电压应力,应该对具有最高电压应力的元件进行附加试验。

试验时,试品可以采取屏蔽措施以防止外部的局部放电。

注:防止外部局部放电采取的屏蔽措施不应影响避雷器的电压分布。

经供需双方协商,可以规定避雷器的局部放电量或局部放电电压熄灭水平。

试验电压及熄灭水平应当符合表 30。

表 30 对可分离型避雷器及外壳不带电型避雷器的局部放电试验值

可分离型避雷器		外壳不带电型避雷器	
设备的最高电压 kV	局部放电试验电压(熄灭水平) kV(r. m. s)	系统的额定等级 kV	局部放电试验电压(熄灭水平) kV(r. m. s)
12	12	15	11
17.5	17.5	25	19
24	24	35	26
36	36	—	—

注:如果 U_c 低于设备的最高电压,试验电压应为 $1.05U_c$ 。

12.9 例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验

试验项目见第 9 章。试验要求和试验方法见相关规定。

13 液浸式避雷器

13.1 范围

本节适用于设计用于浸在绝缘液体中的避雷器。

13.2 规范性引用文件

见第 2 章。

13.3 术语及定义

见第 3 章。

13.4 标志及分类

见第 4 章。

13.5 标准额定值和运行条件

除下述要求外,其余适用于第 5 章。

13.5.1 正常运行条件

符合本标准的避雷器在下述正常运行条件下应能正常运行。

- 液浸式避雷器附近的环境液体温度应当在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $+95\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间;
- 环境最高温度的日平均值应不超过 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$;

注:太阳最大照射(1.1 kW/m^2)的影响已通过型式试验中把试品预热的方法予以考虑。如果在避雷器附近有其他热源,避雷器的使用需经供需双方协商。

- 海拔不超过 $1\ 000\text{ m}$;
- 交流电源的频率不低于 48 Hz ,不超过 62 Hz ;
- 长期施加在避雷器端子间的工频电压应不超过避雷器的持续运行电压;
- 机械条件(正在考虑之中)。

13.6 技术要求

除下述要求外,其余适用于第 6 章。

13.6.1 短路试验

制造厂宣称具有短路额定值的避雷器不应在故障时导致剧烈粉碎(见 12.8.7)。

如果宣称具有故障-开路额定值,则应该在宣称的最小电流水平下进行试验。

如果宣称具有故障-短路额定值,则应该在宣称的最大电流水平下进行试验。

13.7 试验要求

见第7章。

13.8 型式试验(设计试验)

13.8.1 总则

型式试验按表31的要求进行。

表 31 液浸式避雷器型式试验项目

序号	试验名称	试验依据	试验方法	试品数量
1	绝缘耐受试验	6.1	13.8.2	3台避雷器(除去内部电阻片)
2	残压试验	6.3	8.3	3只比例单元
3	长持续时间电流耐受试验	6.8	8.4	3只比例单元
4	工频电压耐受时间特性试验	6.10	附录D	4只比例单元
5	动作负载试验	6.9	13.8.3	3只比例单元
6	短路试验	6.11	13.8.4	4台避雷器
7	局部放电试验	6.4	8.8	3台避雷器
8	密封性能试验	6.5	8.11	3台避雷器
9	持续电流试验	6.18	8.14	3台避雷器
10	工频参考电压试验	6.2.1	8.15	3台避雷器
11	直流参考电压试验	6.2.2	8.16	3台避雷器
12	0.75倍直流参考电压下漏电流试验	6.19	8.17	3台避雷器
13	多柱避雷器电流分布试验	6.6	8.18	1台避雷器

对于液浸式避雷器,当要求在绝缘液体中进行试验时,液体应当为在被保护的设备中使用的液体。

13.8.2 对避雷器外壳的绝缘耐受试验。

除下述要求外,其余适用于8.2。

13.8.2.1 总则

本条替代8.2.1。

电压耐受试验证实避雷器外壳的外绝缘电压耐受能力,如需验证其他设计结构,试验须经供需双方协商。

试验应在6.1规定的条件和试验电压下进行,绝缘部件外表面应清洁,内部元件应取出或使之失效,使能做这项试验。

液浸式避雷器的绝缘耐受试验应该在绝缘液体中在室温下进行。

13.8.2.2 湿试验程序

湿耐受试验不适用于液浸式避雷器。

13.8.3 动作负载试验

除下述要求外,其余适用于8.5。

13.8.3.1 试验程序

本条替代8.5.2.1。

将已校正的最大持续运行电压 U_a (见下述)施加到3只电阻片试品上7000h,在7000h期间应控制电阻片的表面温度在 $115\text{ }^\circ\text{C} \pm 4\text{ K}$ 。

当供需双方协商一致时,试验时间可减少到不少于 2 000 h,至少每隔 100 h 测量一次电阻片的功率损耗,然后利用功率损耗对时间的平方根画出老化曲线,在曲线上用测量的功耗最低值到最高值画一根直线,外延至 7 000 h。

在老化试验时,应该与整支避雷器设计一样,具备所有直接与电阻片接触的材料(固体或液体)。

在加速老化试验时,电阻片应该置于和避雷器中相同的介质中。在这种情况下,老化试验应在处于封闭容器内的单片电阻片上进行,容器的容积应至少为电阻片体积的 2 倍,并且容器内的介质密度不能低于避雷器中介质密度。

注:在避雷器的正常寿命期内,避雷器内电阻片周围的介质可能由于内部放电的原因而会有一些改变。电阻片周围介质的改变可能性会明显增加功率损耗。

考虑这种情况合适的试验程序正在研究之中。目前有一个程序可以作为选择,就是在含有低的氧气浓度(低于 0.1% 体积)的 N_2 或 SF_6 (对 GIS 避雷器)中进行这个试验。这就保证,即使在完全缺氧的情况下,避雷器仍不会老化。

如果制造商能够证明,在敞开的空气中进行本试验等价于在实际介质中进行的试验,则可以在敞开的空气中进行老化试验。

用于本试验程序中的电压是电阻片在避雷器中应承受的校正后的最大持续运行电压(U_{ca}),该电压包括电压分布不均匀影响,这个电压可以通过电压分布的测量或计算来确定。

上述老化试验程序应在 3 只典型的电阻片元件试品上进行,试品的参考电压应满足 7.2 的要求。工频电压应满足动作负载试验规定的老化试验要求(见 8.5.1)。

13.8.3.2 升高的额定电压及持续运行电压的确定

本条替代 8.5.2.2。

3 只试品应加热到 $115\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ K}$,在施加电压后 1 h~2 h 之间测量在电压 U_{ca} 下电阻片的功率损耗 P_{1ca} 。在测量 P_{1ca} 后,应该每隔 100 h 测量一次电阻片的功率损耗。最后,在不间断地施加 U_{ca} 计 $7\ 000\text{ h}^{+100\text{ h}}$,老化后,在相同条件下测量功率 P_{2ca} (如 13.8.5.2.1 所述,经供需双方协商一致后,试验时间可减少至不少于 2 000 h)。在试验期间容许试品上偶然断电,但总的累计断电时间不得超过 24 h。中断的时间将不计入老化试验的持续时间内,最后的测量应该在持续通电不少于 100 h 后进行。在容许的温度范围内,所有的测量应该在相同温度 $\pm 1\text{ K}$ 下进行。

在至少每 100 h 时间间隔所测得功率损耗中的最小功率损耗叫做 P_{3ca} 。如图 15 所示。

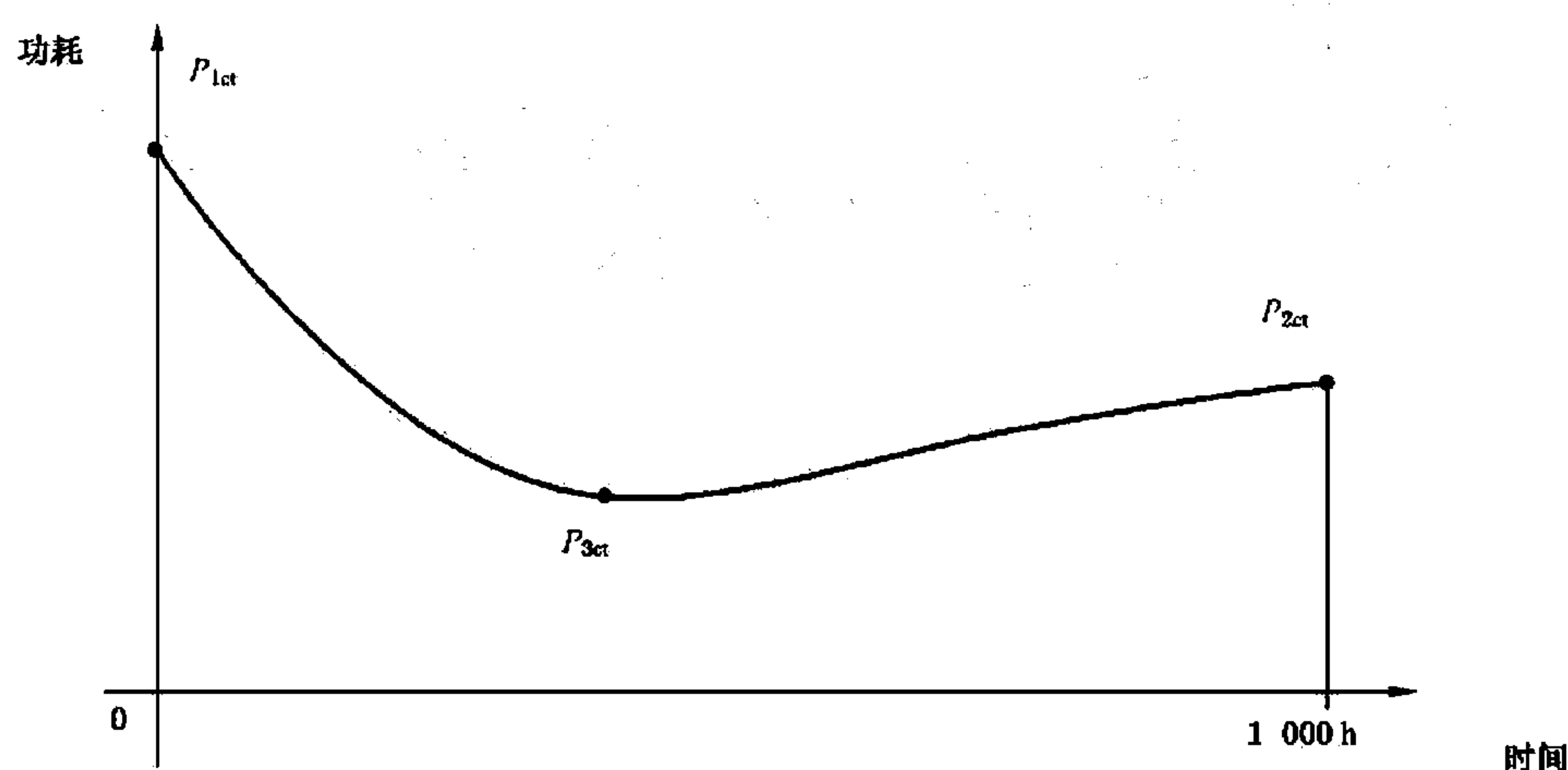


图 15 避雷器在升高温度下的功率损耗与时间的关系

- 如果 P_{2ca} 等于或小于 $1.1P_{3ca}$,则应该对新的电阻片按照 8.5.4.2 及 8.5.5.2 进行试验。
- 如果 P_{2ca} 等于或小于 P_{1ca} ,则使用的 U_{sc} 和 U_{sr} 可不作任何修改。
- 如果 P_{2ca} 大于 P_{1ca} ,则取每只试品所确定的比值 P_{2ca}/P_{1ca} 中比值最高者为 K_{ca} 。在环境温度下

对 3 只新电阻片试品分别在 U_{sc} 和 U_{sr} 下测量功率损耗 P_{1c} 和 P_{1r} 。然后,提高电压,使相应的功率损耗 P_{2c} 和 P_{2r} 满足下列关系:

$$\frac{P_{2c}}{P_{1c}} = K_{ct} \quad \frac{P_{2r}}{P_{1r}} = K_{ct}$$

U_c^* 、 U_r^* 为提高了的三个电压中的最大者。作为另一种办法,如果经供需双方同意,也可使用经过老化的电阻片。

——如果 P_{2ct} 大于 $1.1 P_{3ct}$,且 P_{2ct} 大于或等于 P_{1ct} ,则应该按照 8.5.4.2 及 8.5.5.2,对老化过的电阻片进行试验。如果经供需双方同意,可以使用校正过电压 U_c^* 和 U_r^* 的新的电阻片进行试验。

按照定义,老化的电阻片是按 8.5.2.1 试验过的电阻片。

表 32 汇总了上述情况。

表 32 升高的额定电压及持续运行电压的确定

测得的功率损耗	动作负载试验的试品及试验电压
$P_{2ct} \leq 1.1 \times P_{3ct}$ 且 $P_{2ct} \leq P_{1ct}$	新试品在 U_{sc} 和 U_{sr} 下试验
$P_{2ct} \leq 1.1 \times P_{3ct}$ 且 $P_{2ct} > P_{1ct}$	新试品在 U_{sc}^* 和 U_{sr}^* 下试验
$P_{2ct} > 1.1 \times P_{3ct}$ 且 $P_{2ct} < P_{1ct}$	老化过试品在 U_{sc} 和 U_{sr} 下试验
$P_{2ct} > 1.1 \times P_{3ct}$ 且 $P_{2ct} \geq P_{1ct}$	老化过试品在 U_{sc} 和 U_{sr} 下试验 (如果供需双方同意,新试品在 U_{sc}^* 及 U_{sr}^* 下试验)

在将老化过的电阻片用于动作负载试验时,建议老化试验与动作负载试验之间的时延不超过 24 h。测量时间应当足够短,以免由于加热而使功率损耗增加。

13.8.3.3 施加冲击电流

本条替代 8.5.4.2。

在动作负载试验开始,应将避雷器浸入 $120 \text{ }^\circ\text{C} \pm 15 \text{ K}$ 的绝缘油中。

比例单元应耐受表 33 规定的峰值和波形的大电流冲击 2 次,强雷电负载避雷器应耐受附录 C 中规定的峰值为 40 kA 波形 30/80 冲击 3 次。

表 33 大电流冲击要求

避雷器的等级	电流峰值 4/10 kA
10 000 A	100
5 000 A	65
2 500 A	25
1 500 A	10

注:根据运行条件电流峰值可以取其他值(较低或较高)。

如果由于严重污秽或非正常运行条件认为必须用更高的温度时,经供需双方协商试验可使用更高的温度。

设备调整使得测得冲击电流的值在下列的极限范围内:

- a) 规定的电流峰值的 90%~110%;
- b) 视在波前时间从 $3.5 \mu\text{s}$ ~ $4.5 \mu\text{s}$;
- c) 试在波尾半峰值时间从 $9 \mu\text{s}$ ~ $11 \mu\text{s}$;
- d) 任何反极性电流波的峰值应该小于电流峰值的 20%;
- e) 冲击电流上的小的振荡是允许的,只要它们在接近冲击电流峰值时的幅值小于电流峰值的 5%,在这种情况下,为了测量的目的,应该采用平均曲线来确定峰值。

预备性试验及随后的大电流冲击应该施加相同的极性。

附录 H 叙述了可供使用的典型试验回路。

在最后一次大电流冲击后,应尽可能快且在不超 100 ms 内向试品施加 10 s 升高的额定电压 (U_r^*),然后紧接着施加 30 min 升高的持续运行电压 (U_c^*) (见 8.5.2),以证明热稳定或热击穿。

每一次冲击电流的电流应当予以记录,同一试样的电流波记录应当没有显示试样击穿或闪络的差异。

在施加工频电压期间,在提高了的持续运行电压 U_c^* 下的电流值应当予以连续地记录。

在工频电压施加期间,应当监视非线性金属氧化物电阻片的温度或电流的阻性分量或功率损耗以证实热稳定或热崩溃(见 8.5.6)。

在整个试验程序结束,试验样品冷却到接近室温后,应当重复进行一次在试验开始时做过的残压试验。

假如达到了热稳定,假如试验前后测得的残压的变化不大于 5%,假如试验后对试验样品的检查没有发现有击穿、闪络或开裂的迹象,则可认为避雷器通过了该项试验。

13.8.4 短路试验

制造厂声称具有短路额定值的避雷器应当进行如 8.7 所规定的短路试验,以证明避雷器不会以导致剧烈粉碎的形式发生破坏。液浸式避雷器采用的试验程序应如下对 8.7 进行修改。

13.8.4.1 总则

本条替代 8.7.1。

制造厂声称具有短路额定值的避雷器,应当按照本规定进行试验,进行试验是为了证明一个避雷器故障不可能形成爆炸性故障。

每一种避雷器设计要用 2 组短路电流进行试验。

——大短路电流包括额定短路电流及 2 个降低的短路电流进行试验。

——小短路电流。

注:避雷器关于短路特性可以有两种原则上设计。

一种避雷器设计是利用内部过压力,它是由于避雷器元件的短路而产生的内部电弧造成的。过压力是由于加热封闭的一定体积的气体或液体,使之膨胀,导之压力释放装置爆破或翻转(在这种情况下,这类试验有时又叫做“压力释放试验”),在过压力释放之前,避雷器外套不能破坏。

另一种设计通常是紧凑的,没有封闭的气体或液体体积,没有压力释放装置,这类设计的短路性能取决于电弧直接烧穿或撕裂外套的能力。

如果避雷器装配一种与传统的压力释放装置不同的装置,这种装置应该包括在试验中。

对于额定的及降低的短路电流,试验样品准备的方法依据避雷器的结构而定,对于装有压力释放装置的避雷器,电阻片外部用一根熔丝旁路,对于没有压力释放装置的避雷器,电阻片可用过电压预故障,或在电阻片中钻孔并用熔丝在孔中将电阻片旁路。

对于小电流短路试验,电阻片用过电压预故障。

短路电流试验电源的频率,应当不低于 48 Hz,不高于 62 Hz。

经供需双方协商,可以用相互同意的试验程序及试验判据来进行多次预故障试验。

液浸式避雷器可以设计为“故障—开路”或“故障—短路”。故障—开路设计的避雷器在故障电流低于它的故障—开路额定值时,不会总是以开路的形式发生故障,而故障—短路设计的避雷器当故障电流超过它的故障—短路额定值时,不会总是以短路的形式发生故障。

注:“故障—开路”并不意味避雷器将遮断电路,所有的避雷器故障引发的短路电流必须被一过电流保护装置所遮断,在其他装置清除故障后,故障—开路避雷器允许被保护的重新加上电压,当然已经没有过电压保护了。

对于声称具有故障—开路或故障短路电流额定值的每一种型式及设计的避雷器,应当对它的 3 只最低额定电压及 3 只最高额定电压的完整单个避雷器元件中的每一只进行这项试验,对于相同型式及设计的中间电压等级来说,应该认为这些试验可证实它们符合本标准。

对于故障—开路设计的避雷器,所有的试样应该在声称的最小故障—开路电流水平下进行试验,试品不能在低于最小故障—开路额定值的“小短路电流”水平下进行试验。

对于故障—短路设计的避雷器,试品应当按照 8.7.4 规定,在三个短路电流水平中的每一个进行试验,标称短路水平可能与表 12 中列出的不同,并且由制造厂选定,两个降低的短路电流水平应当从表 12 中选定,一个附加的试样应当按照 8.7.5 进行试验。

13.8.4.2 试品的安装

本条替代 8.7.3。

试验样品应当按照运行时安装的位置安装,避雷器应当浸设在一个容器的绝缘液体内,容器应当足够大,不致于卷入飞弧的运动中。

对于无基座安装的避雷器(例如,柱上安装避雷器),试品应当用运行安装中常用的金属安装附件将其安装在非金属的柱上,为了本试验的目的,应当把安装附件看作避雷器基座的一部分,当上述与制造厂的规定有差异时,避雷器应当按照制造厂推荐的安装方式安装,基座到电流传感器之间的全部导线应为至少 1 000 V 绝缘强度的绝缘导线,试品的顶端应当装配同样避雷器设计的基座或顶帽。

对于基座安装的避雷器,试品的底部装配应当装在一绝缘支撑上,绝缘支撑的高度应当和围绕的圆形或方形围栏一样高,绝缘支撑及外围应安装在一绝缘平台的顶部,如图 14a)及 14b)所示,对于无基座安装的避雷器,同样的要求适用于避雷器的底部,顶端帽至任何其他金属物体(浮动电位或接地的避雷器的基座除外)之间的电弧距离应至少为 1.6 倍试验样品的高度但不少于 0.9 m,外围除用来制造围栏及平台用的小金属零件如钉子,螺丝外,应该用非金属材料制造,并且应当相对于避雷器的轴对称地布置,围栏的高度应当为 40 cm±10 cm,它的直径(当为方形时,则为边长)应当为 1.8 m 或试品的直径加两倍试验样品的高度,选二者间之大者,在试验时,围栏不容许打开或移动。

试品应当垂直安装,除非制造厂与用户之间达成了其他样式的协议。

注:在短路试验时,避雷器的安装,特别是,导体的路径必须代表现场中最不利的条件,在图 14a)中所示的路径是在喷弧前试验的初始相的最不利的情况。

然而,在剩下的喷弧时间,这种路线使电弧移动离开避雷器,这样就减少了避雷器着火的风险,试验的初始相及着火的风险两者都很重要,特别是对于避雷器外套的外部是用复合绝缘材料制成时,因而,对于没有压力释放装置的避雷器提出了另一种方案。即:接地的导体将移向右边如图 14b)所示的那样,这样,在整个短路电流时间电弧将一直停留靠近避雷器,这样对火灾创造了最不利的条件。

13.8.4.3 试验结果的评价

本条替代 8.7.6。

通过下述各项,可以判断试验样品符合标准:

- a) 通过记录的示波图判断电流幅值及持续时间。
- b) 短路试验后,在任何时间内,进行持续电压耐受试验,试品应该在一个具有限定的,但已知的可产生持续时间为 1 min 电流的电路中加电压 U_c ,在这段时间内。
 - 1) 在故障—开断设计的避雷器内实际没有电流流动;
 - 2) 在故障—短路设计的避雷器内实际有全部可生产的电流流动。
- c) 从试验后试验样品的外观。

所有被试验的试品应当满足这些要求。

13.8.4.4 大电流短路试验

本条替代 8.7.4。

一个试品应该在从表 12 中选出来的额定短路电流下进行试验。第二个、第三个样品应该在根据选出来的额定短路电流降低的两个短路电流中的每一个电流下进行试验,所有三个样品应该根据 8.7.2 进行准备,根据 8.7.3 进行安装。

试验应在单相试验回路进行,根据 8.7.4.1 该试验电路应具有 77%~107%避雷器额定电压的开路电压。然而,在高压避雷器上的试验时,试验站可能会没有足够的短路功率在 77%或更高的试品额定电压下进行这些试验。因此,8.7.4.2 给出降低电压下进行大电流短路试验的程序。测得在电路中流过试验电流的总时间应当 ≥ 0.2 s。

对于故障—开路设计避雷器,应该调节试验回路的阻抗,使产生的流过试品的电流不大于避雷器的故障开路电流额定值,宣称的故障—开路额定值是测得的试验时流过任一试品的有效值对称电流中的最大值。

对于故障—短路设计避雷器,应该调节试验回路的阻抗,使产生的流过试品的电流不小于避雷器的故障—短路电流额定值,宣称的故障—短路额定值是测得的试验时流过任一试品的有效值对称电流中的最小值。

13.9 例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验

试验项目见第 9 章,试验要求和试验方法见相关要求。

附录 A
(规范性附录)
异常运行条件

下述是避雷器典型的异常运行条件,在避雷器制造和使用时需要特殊考虑,并应引起制造厂注意:

- a) 温度高于+40 ℃或低于-40 ℃;
- b) 使用海拔高度超过1 000 m;
- c) 能引起绝缘表面或安装金具劣化的烟气或蒸汽;
- d) 因烟气、灰尘、烟雾或其他导电物引起的严重污秽;
- e) 过度暴露在严重的潮气、湿气、降水或蒸汽中;
- f) 避雷器带电冲洗;
- g) 粉尘、气体或烟气的爆炸混合物;
- h) 异常机械条件(地震、振动、强风速、厚覆冰、高弯曲负荷);
- i) 异常运输和贮存;
- j) 系统频率低于48 Hz或高于62 Hz;
- k) 避雷器靠近热源(见5.4.1.b));
- l) 风速>35 m/s;
- m) 非直立安装和直立悬挂使用;
- n) 地震烈度大于Ⅷ度(见附录M.2);
- o) 避雷器的扭转负荷;
- p) 避雷器的拉伸负荷;
- q) 避雷器用于机械支撑。

附录 B

(规范性附录)

验证整只避雷器和避雷器比例单元间的热等价性试验

经供需双方协商,试验应按下述程序或其他程序进行。

将整只避雷器或多元件避雷器中单位长度装有电阻片最多的元件置于温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ 静止空气中,环境温度应保持在 $\pm 3\text{ K}$ 偏差内。热电偶和(或)使用光纤技术测温的某种探测装置贴在电阻片上。检验点必须足够多以便计算出平均温度,或者制造厂仅选择位于距顶部为避雷器长度的 $1/2 \sim 1/3$ 之间的某一点作为测温点。后者将给出留有余地的结果,因而证明是一种简化方法。

通过施加幅值大于工频参考电压的工频电压,使电阻片温度加热到大约 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。如果测几片电阻片的温度时,该温度应是平均值,如只检验 $1/2 \sim 1/3$ 的某一点时,该温度就应是该点值。加热时间不作规定,如果随后加热试验比例单元所用时间大致相同,则根据电源容量,加热时间可选择几分钟到几小时,当达到预定温度时应切断电源,并且确定不少于 2 h 的冷却时间曲线,在测量几个点时,应画出平均温度曲线。

随后比例单元试品用与整只避雷器相同的方法在环境温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ 的静止空气中进行试验,环境温度必须保持 $\pm 3\text{ K}$ 偏差内。施加工频电压使比例单元试品与整只避雷器一样加热到比环境温度高的相同温升。电压幅值的选择应使加热时间与整只避雷器加热时间相近。通过测量几片电阻片的温度确定平均温度,或者只测位于比例单元顶部 $1/2 \sim 1/3$ 间的一片电阻片的温度。当比例单元达到预定温度时,应切断电源,并测出不少于 2 h 的冷却时间曲线。

比较整只避雷器和比例单元的冷却曲线,或都使用平均温度或者使用一片电阻片温度。对较低的曲线用增加环境温度差的方法将冷却曲线调整到相同的环境温度。

证明热等价性的条件是,比例单元试品在冷却期间各瞬间的温度等于或高于整只避雷器的温度。

附录 C
(规范性附录)

电压范围 1 kV~52 kV 强雷电负载避雷器的要求

本附录规定了专用于强雷电密度区 20 kA 的 1 kV~52 kV 避雷器的要求。

表 C.1 规定了试验要求。

动作负载试验按 6.9 和 8.5.4 进行,并且应包含对每只试品施加 3 次峰值 40 kA、波形 30/80 的冲击电流。

3 次电流冲击的间隔时间为 50 s~60 s,调整设备使冲击电流值的偏差在下列范围内:

- a) 电流峰值为规定峰值的 90%~110%;
- b) 视在波前时间 25 μs~35 μs;
- c) 波尾半峰值视在时间 70 μs~90 μs;
- d) 任何反极性电流波峰值应低于电流峰值的 20%;
- e) 冲击波形允许有小的振荡,但在冲击波峰值附近的振幅不超过峰值的 5%。在这些条件下,为测量起见,用于确定峰值作出的平均曲线是可以接受的。

完整的试验程序见图 C.1。

注:为了再现实际系统条件,试品应在施加电压 U_r 时施加最后一次大电流冲击。由于实际试验回路的限制,100 ms 是允许的。

热稳定试验(见 9.2.2)应按图 C.2 进行。

表 C.1 20 kA 强雷电负载避雷器的试验要求^a

1 额定电压 U_r /kV(r. m. s)	$3 \leq U_r \leq 60$ kV
2 避雷器外套的绝缘耐受试验	6.1, 8.2.6, 8.2.8
3 残压试验 a) 陡波冲击电流残压试验 b) 雷电冲击电流残压试验 c) 操作冲击电流残压试验	表 J.1 和 6.3 8.3.1 8.3.2 不要求
4 长持续时间电流冲击耐受试验	8.4
5 动作负载试验 a) 大电流冲击动作负载试验 b) 操作冲击动作负载试验	6.9 和附录 D 8.5.4 不要求
6 工频电压耐受时间特性曲线	6.10
7 短路试验	6.11
8 避雷器脱离器(当装有脱离器时)	6.12 和 8.6
9 人工污秽试验	附录 F
^a 2~9 项的条款号参见本标准。	

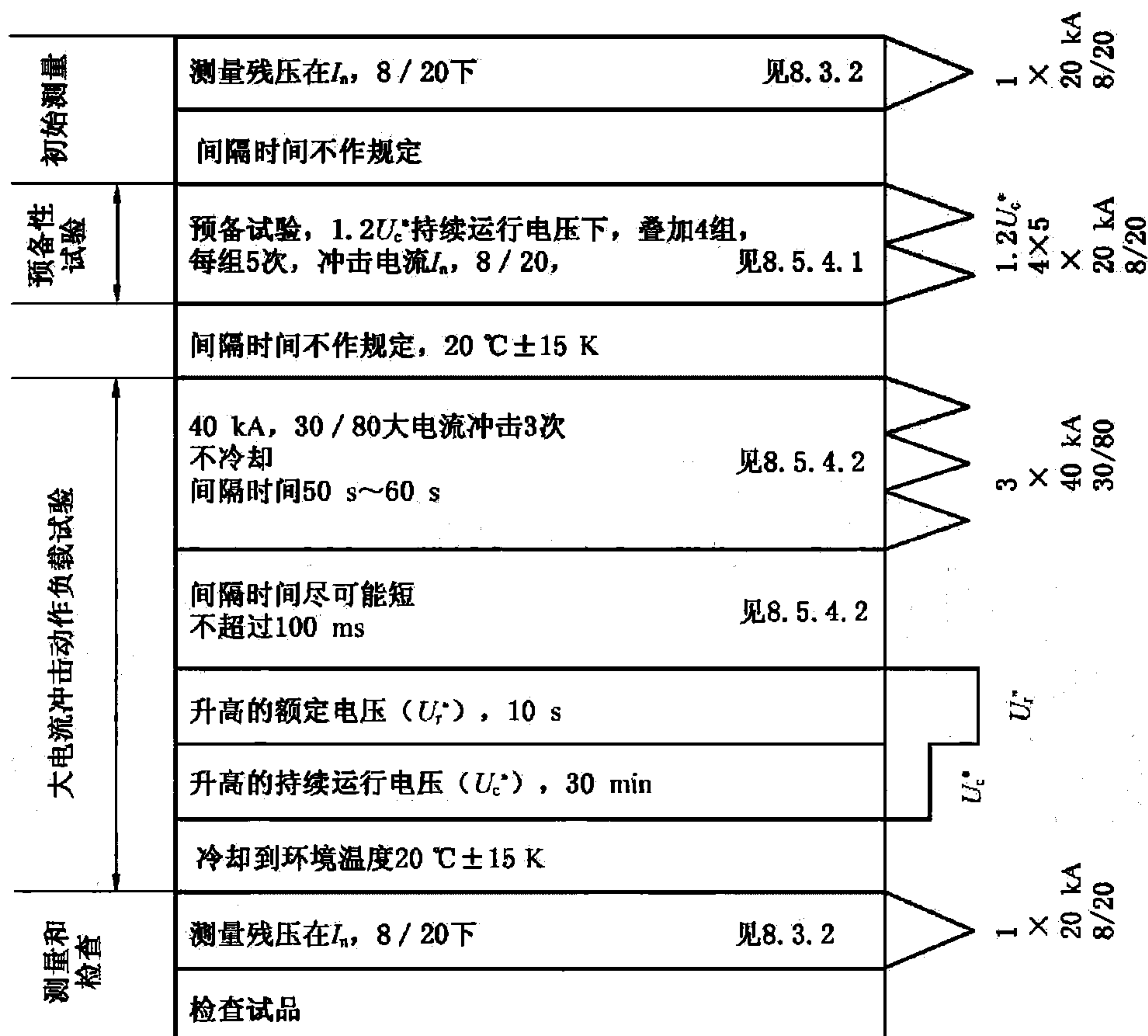


图 C.1 20 kA 强雷电负载避雷器动作负载试验

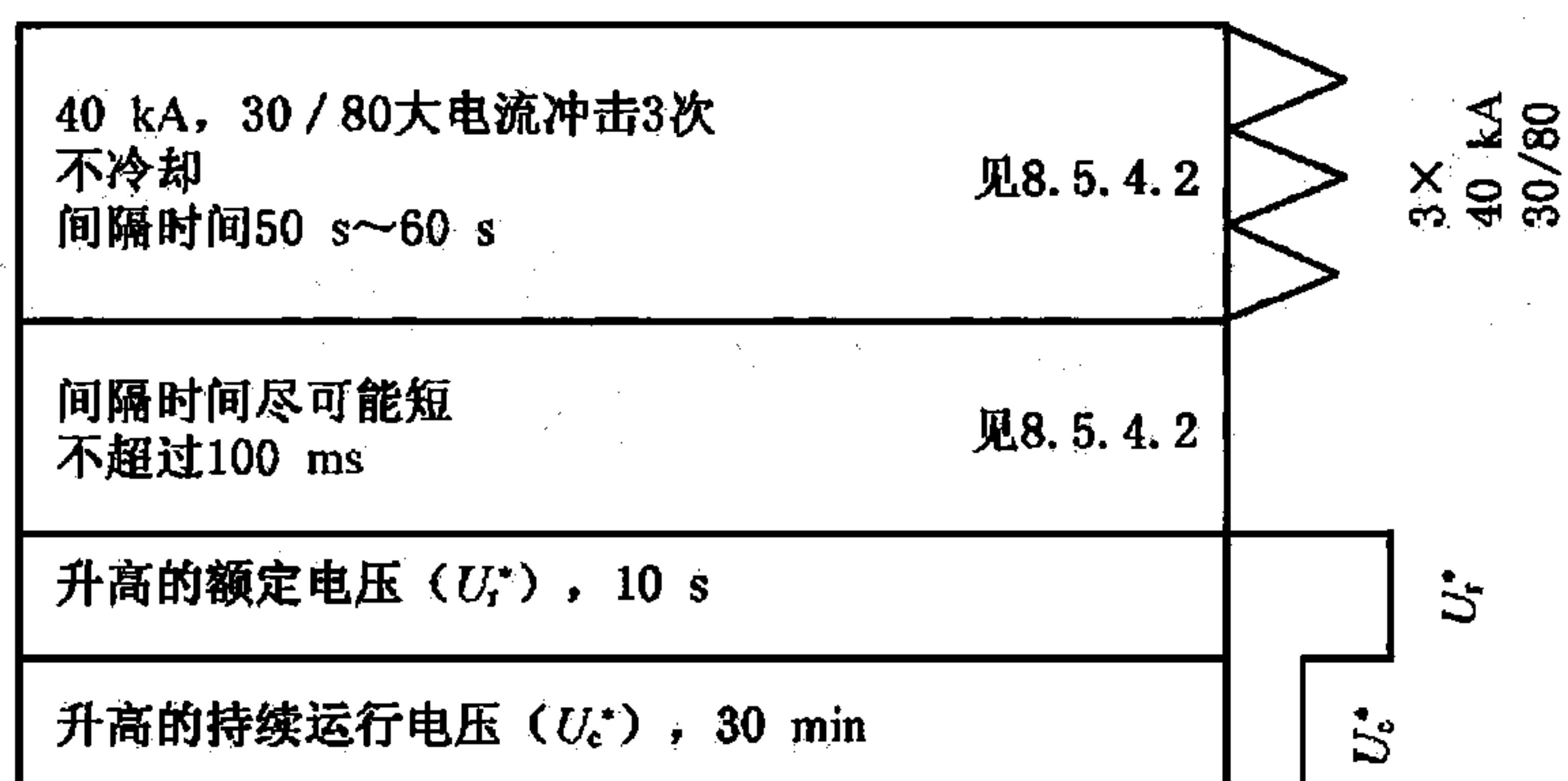


图 C.2 20 kA 强雷电负载避雷器热稳定试验, 见 9.2.2

附录 D
(规范性附录)

验证避雷器工频电压耐受时间特性试验程序

经供需双方认可,由制造厂家提供工频电压耐受时间特性曲线的试验验证时,试验应在避雷器比例单元上进行,按避雷器类别使用图 1、图 2 或图 C.1 所规定的动作负载试验的最后一部分,在施加电压 U_c 前改变所加的工频电压水平和持续时间。曲线至少由 3 个点组成。

对无线路放电等级要求的标称电流 10 kA、5 kA、2.5 kA 和 1.5 kA 的避雷器,试验程序开始时应使试品预热到 $60\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ K}$ 。接着在施加工频电压前施加 1 次大电流冲击,注入一定能量,见图 D.1。

对强雷电负载避雷器(附录 C),试验程序开始时在环境温度下对试品连续施加 3 次大电流冲击,见图 D.2。

对有线路放电等级要求的标称电流 20 kA、10 kA、5 kA 的避雷器和保护电容器组避雷器。试品应预热到 $60\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ K}$,在施加工频电压前后施加 2 次长持续时间电流冲击,注入一定能量,见图 D.3。

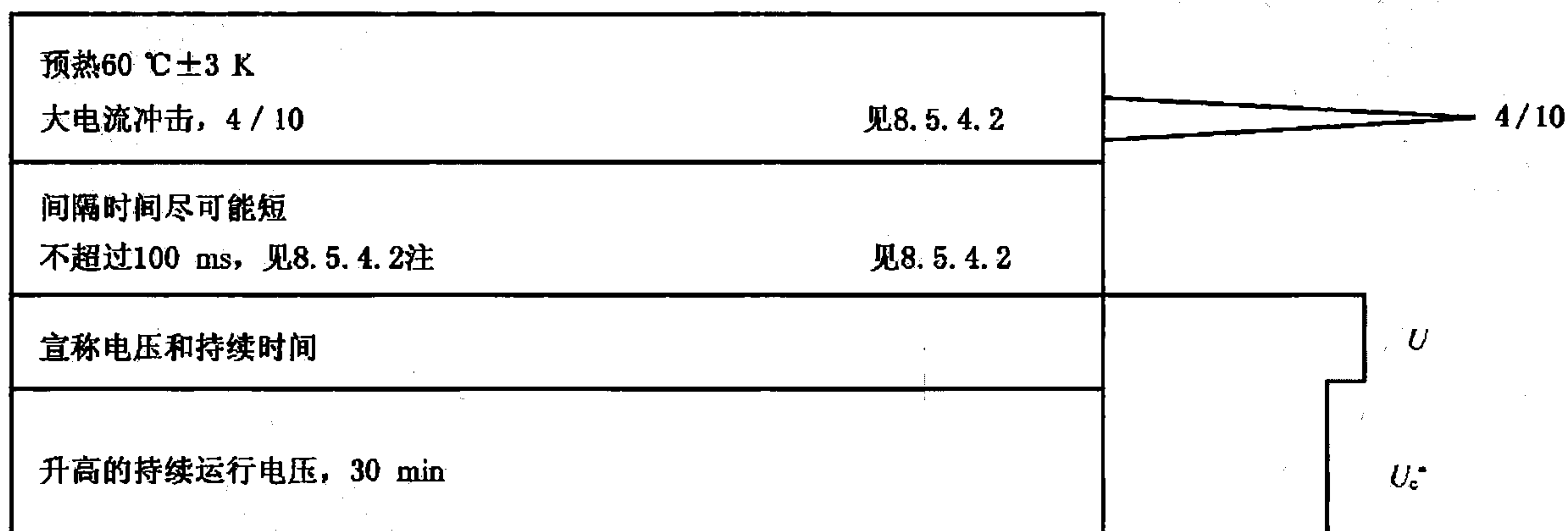


图 D.1 无线路放电等级要求的标称电流 10 kA、5 kA、2.5 kA 和 1.5 kA 的避雷器试验程序

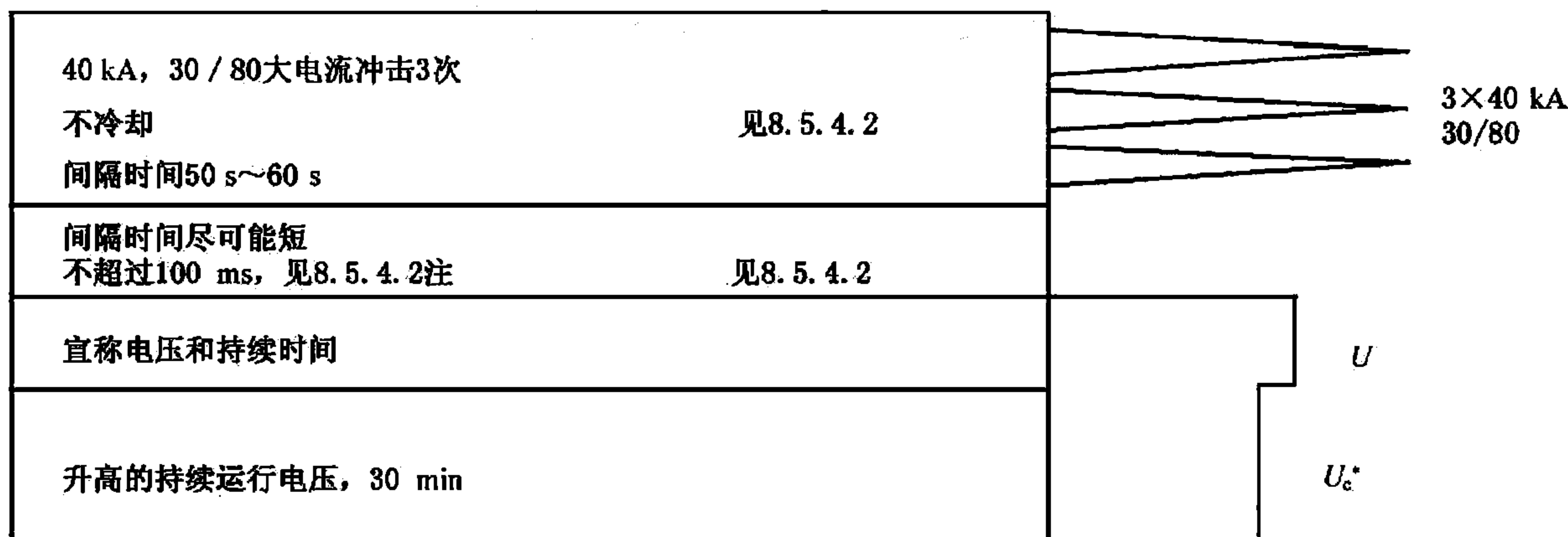


图 D.2 标称电流 20 kA 强雷电负载避雷器试验程序

预热 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ K}$		
长持续电流冲击	见8.4.2	
间隔时间 $50\text{ s}\sim 60\text{ s}$		
长持续电流冲击	见8.4.2	
间隔时间尽可能短 不超过 100 ms , 见8.5.4.2注	见8.5.4.2	
宣称电压和持续时间		U
升高的持续运行电压, 30 min		U_c

图 D.3 有线路放电等级要求的标称电流 20 kA、10 kA、5 kA 避雷器和保护电容器组避雷器试验程序

附录 E
(资料性附录)
线路放电等级的选用导则

按表 7 中规定的线路放电试验参数,对于具有给定操作冲击残压与额定电压之比的避雷器,获得的能量随线路放电等级增加而增加。但是在试验期间,避雷器上的能量在很大程度上取决于被试电阻片的实际操作冲击残压。该能量可按下式确定,其具有足够的精确度:

$$W' = \frac{U_{res}}{U_r} \left[\frac{U_L}{U_r} - \frac{U_{res}}{U_r} \right] \times \frac{U_r}{Z} \times T \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

- U_r ——额定电压(有效值);
- U_L ——发生器充电电压;
- W' ——比能量,等于能量除以额定电压;
- Z ——线路波阻抗(见 8.3.3);
- T ——电流峰值的视在持续时间。

比能量与操作冲击残压的关系示于图 E.1。

线路放电等级的选择按下列顺序进行:

- a) 确定金属氧化物避雷器在运行中产生的能量,要考虑由雷电和(或)操作引起的可能情况。
- b) 将能量除以额定电压有效值确定比能量。

将上述比能量与公式(E.1)或图 E.1 在试验中产生的比能量相比较,选择邻近较高的线路放电等级。

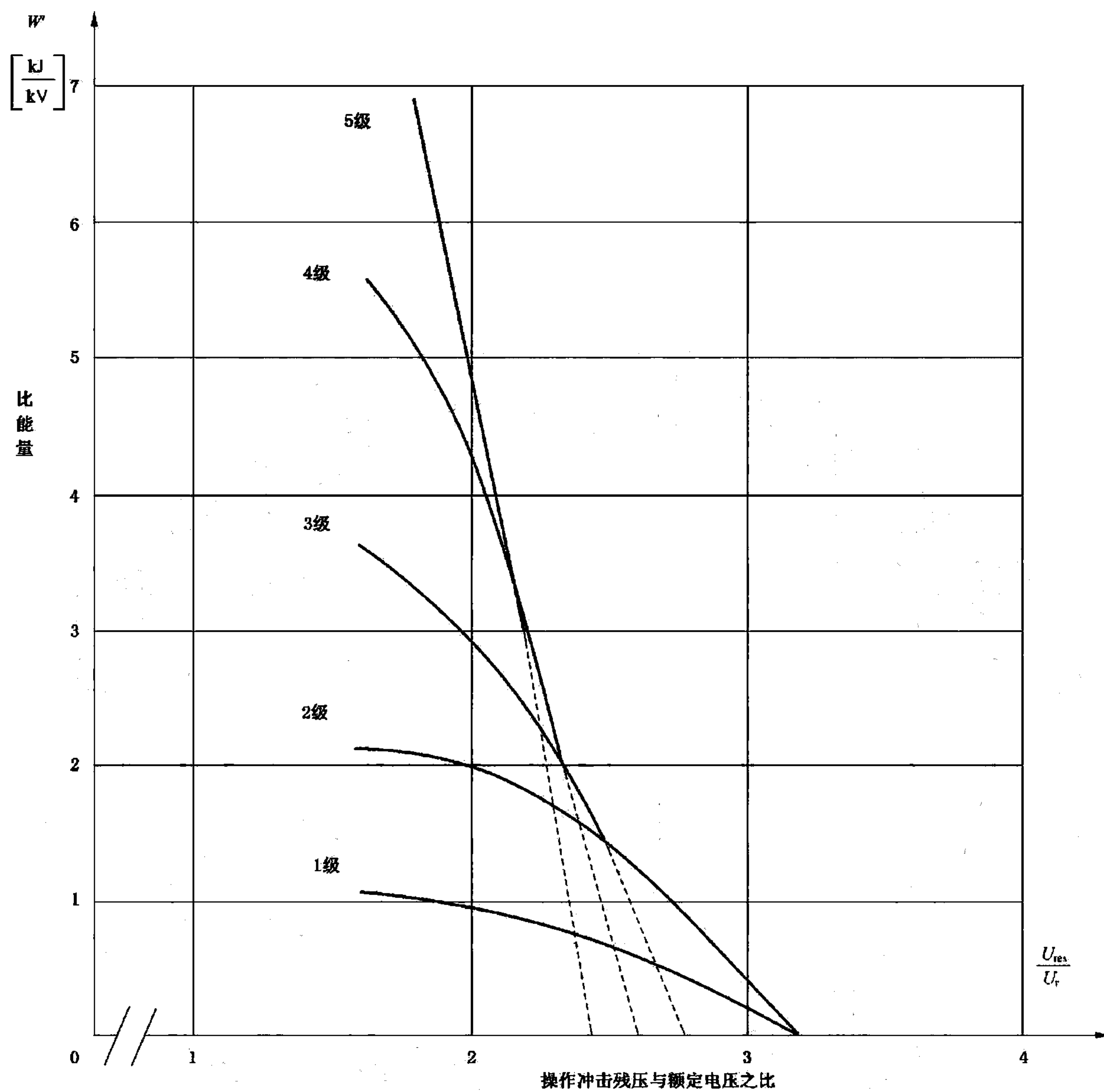


图 E.1 比能量(kJ/kV)与避雷器操作冲击残压 U_{res} 和额定电压有效值 U_r 之比的关系曲线

附 录 F
(规范性附录)

瓷外套多元件金属氧化物避雷器热应力的人工污秽试验

F.1 术语

F.1.1 测量的量

q_z [C/hm]	指运行中污秽事件期间,流过绝缘子和避雷器外套表面的平均外部电荷,与污秽事件持续时间 t_z 有关。此参数用于一个地区污秽度的分级。
t_z [h]	运行中污秽事件的持续时间。
Q_e [C]	污秽试验期间流过避雷器元件表面的电荷。
Q_i [C]	污秽试验期间流过避雷器元件内部的电荷。
ΔT_k [K]	元件 k 相应的温升。
β [K/C]	在预热试验中确定的避雷器内部部件的温升与流动内部电荷的比率。
τ [h]	在预备性热试验中确定的避雷器等效热时间常数。

F.1.2 计算的量

D_m [m]	避雷器外套的平均直径:按照 IEC 60815:1986 中的方法计算。
Q_{tot} [C]	避雷器有关的总电荷,它是在避雷器接地端测得的 Q_i 和 Q_e 的总和。
$\Delta T_{z,max}$ [K]	运行中最大的理论温升,作为 β 、 q_z 、 t_z 、 D_m 和 τ 的函数来计算。
WU	避雷器加权不平衡值,是避雷器的各元件的电气和几何特性的函数,此参数用来选择进行污秽试验时的临界设计。
K_{ie}	污秽试验期间流过避雷器元件的最大外部电荷和最大内部电荷的比率。
ΔT_z [K]	运行中预期的温升。作为 β 、 q_z 、 t_z 、 D_m 、 K_{ie} 和 τ 的函数计算。
T_{OD} [°C]	动作负载试验的起始温度。

F.2 总则

金属氧化物避雷器外绝缘的污秽应考虑下面三种可能的效应:

- a) 外部闪络的风险;
- b) 由避雷器外表面和内部带电元件之间的径向电场产生的避雷器内部的局部放电;
- c) 由避雷器外套表面上的污秽层引起的非线性和暂态电压梯度产生的内部带电部件的温升。

本试验程序仅考虑第三种可能效应。

试验室试验和运行经验已经表明,污秽条件下避雷器内部带电部件的发热与吸收电荷有关,因而该参数在避雷器污秽特性评估被认为是必要的。

考虑到流过不同绝缘子避雷器表面的平均外部电荷,建立典型地区污秽等级划分。

本附录中所述的方法仅适用于瓷外套避雷器;对复合外套避雷器还需进一步的研究,目前正在考虑之中。

考虑到污秽的热效应,本附录详述了在动作负载试验之前施加在试品上的预热程序;本程序合并在图 F.1 的流程图中,特别是:

——不同典型地区的污秽度用 q_z 表示,相关的数据在附录 F.1 中示出。

——依据附录 B 确定的避雷器的热特性,本程序允许确定等效时间常数 τ 和本标准 F.4 所描述的

方法进行 β 参数的计算。

- 对避雷器热特性和安装地区预期污秽度的认识可以通过在最保守的条件下即所有与污秽事件相关的电荷均流入避雷器内部进行最大温升的预算。
- 如果最大温升 $\Delta T_{z, \max}$ 计算结果低于 40 K, 则不需进行污秽试验, 而且动作负载试验的起始温度应为 60 °C。如果最大温升 $\Delta T_{z, \max}$ 计算结果是 40 K 或更高, 则应按本附录所述的程序进行试验, 除非由供需双方协商一致(例如依据特定环境下的运行经验)可以免做污秽试验。此外, 在由制造商决定时, 即使 $T_{z, \max}$ 的计算结果高于 40 K, 污秽试验也可免做, 但动作负载试验起始温度应为 $(20 + \Delta T_{z, \max})$ °C。
- 当认为必要时。可在代表一定型号和设计的避雷器上进行试验室污秽试验。在污秽试验期间, 应测量每个避雷器元件外部电荷 Q_e 和内部电荷 Q_i 。另一方面, 也可以测量总电荷 Q_{tot} 和内部部件温升 ΔT 。考虑到在污秽条件下避雷器热特性的随机性, 有必要对试验结果进行统计分析。描述在下列条款中的试验结果详细给出了系数 K_{ie} , 他表示了电荷流向内部并对带电部件加热的趋势。此系数对某种给定的避雷器的型号和设计来说是一个特性参数。
- 运行中的预期温升 ΔT_z 作为 q_z 、 K_{ie} 、 D_m 、 t_z 、 β 和 τ 的一个函数。
- 动作负载试验的起始温度 T_{OD} 在下列判据的基础上进行计算:
 - 1) 如果 ΔT_z 大于 40 K, 则; $T_{OD} = 20 \text{ °C} + \Delta T_z$;
 - 2) 如果 ΔT_z 低于或等于 40 K, 则 $T_{OD} = 60 \text{ °C}$ 。
- 应按在 7.5 种所述的程序用等于 T_{OD} 的起始温度进行动作负载试验。

F.3 地区污秽度的分级

一个地区污秽度的划分是以预期平均外部电荷 q_z 为基础, 以典型的不同污秽度的各地区的测量为依据。

考虑到流过绝缘子表面的电荷与它的直径是成比例的, q_z 用等效直径 1 m 来归一化。

污秽现象的持续时间(t_z)假定如下:

中等持续时间高强度污秽, 2 h;

长持续时间的污秽事件, 6 h。

依据公式(2), 对于避雷器安装地点相应的污秽水平, 在以后的计算中 q_z 值被认作是与最严酷的情况(2 h 或 6 h)相对应的。

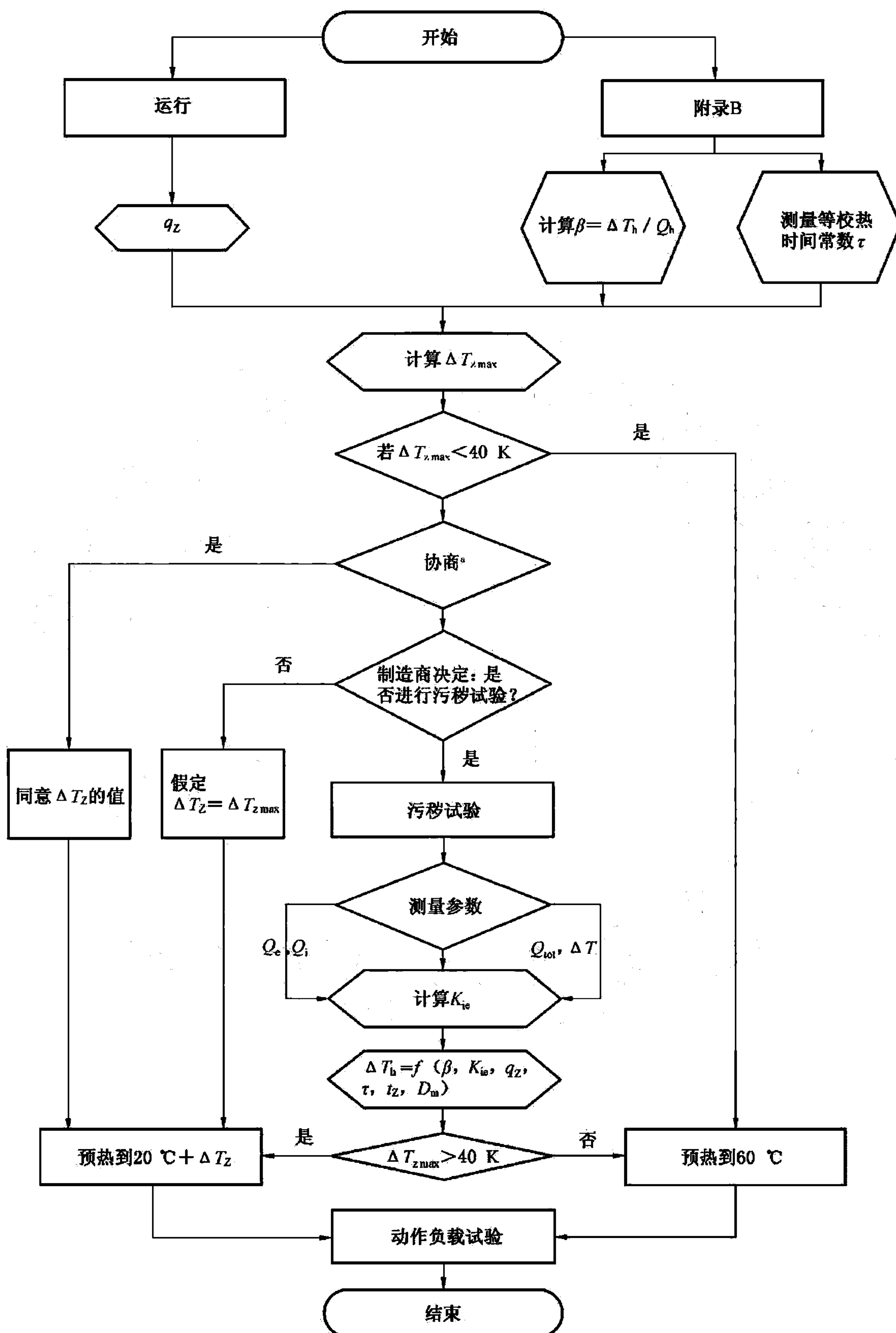
不同污秽区域的 q_z 值示于表 F.1 中。

表 F.1 不同污秽度的平均外部电荷

污秽等级 (区域 ^a)	标准的最小爬电比距	q_z : 平均外部电荷 C/h · m	
		$t_z = 2 \text{ h}$	$t_z = 6 \text{ h}$
I-轻	16	0.5	0.24
II-中	20	3.3	2.4
III-重	25	24.0	14.0
IV-非常重	31	55.0	36.0

注: 用一个 2 mA 的极限值获得值(F.6.3.1)。

^a 污秽等级(区域)与 IEC 60815:1986 的表 1 定义的污秽水平一致。



^a 供需双方协商认可(例如:基于在特殊环境下的运行经验)。

图 F.1 确定试品预热试验方法的流程图

F.4 预热试验；预热常数 τ 的测量和 β 的计算

本程序与附录 B 中规定的程序类似，与完整的避雷器相关，但有下列例外：

- 加热时间(t_h)应少于 10 min；
- 在加热时应测量施加在避雷器上的电荷 Q_h ；
- τ 是在温度 60 °C 和 $(22+0.63T_a)$ °C 之间，从避雷器的冷却曲线中获得的时间，这里 T_a 是摄氏环境温度。

参数 β 应按下面的公式计算：

$$\beta = \frac{\Delta T_h}{Q_h} \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：

- ΔT_h ——加热试验期间的温升；
- Q_h ——加热试验期间被施加的电荷。

注：加热试验后，要验证加热时间(t_h)少于 $0.1 \times \tau$ ，否则，加热试验应用一个较短的时间 t_h 重做试验。

F.5 验证进行污秽试验的必要性

为证实进行污秽试验的必要性，应进行运行最大理论温升($\Delta T_{z,max}$)的初步计算。此计算假设运行中全部的预期电荷(q_z)都流入内部。在此假设下， $\Delta T_{z,max}$ 可从下式中得到：

$$\Delta T_{z,max} = \beta q_z D_m \tau \left(1 - e^{-\frac{t_z}{\tau}}\right) \left(\frac{U_r - U_{r,min}}{U_r}\right) \dots\dots\dots (F.2)$$

式中：

- U_r ——避雷器的额定电压；
- $U_{r,min}$ ——避雷器元件中的最小额定电压。

如果最大温升 $\Delta T_{z,max}$ 的计算结果低于 40 K，则不需要进行污秽试验，并且动作负载试验起始温度是 60 °C。如果最大温升 $\Delta T_{z,max}$ 的计算结果是 40 K 或更高，则应按本附录中所述的方法进行试验，除非供需双方另有协商(例如，基于在特定环境下运行经验)，污秽试验可以省略。另外，在由制造商决定时，即使计算结果值高于 40 K，当动作负载试验的起始温度为 $(20+\Delta T_{z,max})$ °C 时也可免做污秽试验。

F.6 污秽试验的一般要求

F.6.1 试品

试品应代表与某一类型的避雷器相对应的最标准的设计。

试品的特性应根据表 F.2 给出的标准进行选择。

表 F.2 用于污秽试验试品的特性

参数	选择标准 (对相关设计类型被试样品的特性)
U_c/U_R	最大
加权不平衡性(WU) ^a	最大
爬电比距[mm/kV]	最小
阀片横截面积	最小
等效瓷套直径	最大

表 F.2 (续)

参数	选择标准 (对相关设计类型被试样品的特性)
<p>^a 加权不平衡性可由下式得到:</p> $WU = \max \left[\frac{U_{rk}^2 CD}{CD_k U_r^2} \right] \dots\dots\dots (F.3)$ <p>式中:</p> <p>U_r——避雷器的额定电压;</p> <p>U_{rk}——元件 k 的额定电压;</p> <p>CD——避雷器的爬电距离;</p> <p>CD_k——元件 k 的爬电距离;</p> <p>n——避雷器元件的数量;</p> <p>$k=1,2,\dots,n$。</p>	

F.6.2 试验装置

试验装置应符合 GB/T 4585—2004 中 6.2 的规定。

F.6.3 测量装置和测量程序

F.6.3.1 电荷的测量

应使用一个合适的装置测量电荷。

对于内部电荷的测量,仅考虑电流的阻性分量:电荷测量中容性电流的影响可以消除。消除容性电流影响方法是波形相减法或超临界点(例如 2 mA,见表 F.1)积分法。

对测量装置的最低要求在表 F.3 中给出。

表 F.3 用于电荷测量装置的要求

性 能	要 求
最小电流积分范围	0 mA~500 mA
最小电流分辨率	0.2 mA
最小模拟带宽	0 Hz~2 000 Hz
最小取样频率	1 000 Hz
电荷最大校正周期	1 min
在校正周期内最大残留电容电荷	在校正周期内全部电荷的 ±10%
最大全测量不确定度	±10%

对于两元件避雷器,应在导线端和接地端测量其内部和外部电荷。

对于两个以上元件组成的避雷器,应采用下面的测量方法:

- 应在避雷器导线端和接地端测量其内部和外部电荷;
- 对中间元件,仅测量其外部电荷;
- 用下面的公式估算内部电荷

$$Q_i = \frac{(Q_{iT} + Q_{eT}) + (Q_{iB} + Q_{eB})}{2} - Q_e \dots\dots\dots (F.4)$$

式中:

- Q_i ——中间元件的内部电荷;
- Q_{iT} ——顶部元件的内部电荷;
- Q_{iB} ——底部元件的内部电荷;

- Q_e ——中间元件的外部电荷；
 Q_{eT} ——顶部元件的外部电荷；
 Q_{eB} ——底部元件的外部电荷。

F.6.3.2 温度的测量

可用测量避雷器内部零件的温度来代替内部电荷的测量。

在这种情况下,温度的测量应使用安装在避雷器元件上的传感器,每个元件至少安装三个均匀分布的传感器。传感器之间的距离应为 $h/(n+1)$,这里 h 是元件的高度, n 是所使用的传感器的数量。

温度测量装置的最低要求在表 F.4 中给出。

表 F.4 温度测量装置的要求

特 性	要 求
温度测量范围	20 ℃~200 ℃
绝对测量不确定度	±1 K
分辨率	≤0.4 K
最大热时间常数	1 min
最小抽样速度	1 min ⁻¹

注:本试验中的典型温升在 100 K 以下。

测量内部温度时,仅应在避雷器的接地端测量电荷 Q_{tot} 。

F.6.4 试验准备

F.6.4.1 试品的清洗

避雷器外套应仔细清洗以使污渍和油脂都被清洗掉。

清洗后,避雷器的绝缘部件不应用手触摸。

清洗用水最好加热至 50 ℃,并添加有磷酸三钠或等效清洁剂,之后应用自来水彻底清洗。

如果能观察到大面积连续湿渍,则认为绝缘子的表面是干净的并没有油渍。

F.6.4.2 试品的安装

被试避雷器应是装配完整的,与运行中使用的一样。在试验中,用于电荷和温度测量装置对避雷器的性能不应有任何明显的影响。

F.7 试验程序

可以采用 F.7.1 和 F.7.2 种所述试验方法中的一种。

F.7.1 污浆法

F.7.1.1 总则

F.7.1.1.1 污染物制备

污染物应贮存在一个容器中,以使其使用前被充分的搅拌。污浆应包含:

- 水;
- 膨润土。每升水 5 g;
- 未稀释的无离子清洁剂,由壬基-酚-聚乙烯-乙二醇-乙醚组成,或其他类似的长链无离子乙醚;每升水 1 g;
- 氯化钠。

污浆的体积电阻率应通过添加氯化钠调整至 400 Ω·cm~500 Ω·cm 范围内。

体积电阻率在 20 ℃ 温度下测量。如果在体积电阻率测量期间,污浆温度不是 20 ℃,则应进行温度校正计算。

F.7.1.1.2 环境条件

试验开始,避雷器应与试验室空气处于热平衡状态,环境温度应不低于 5 ℃但不高于 40 ℃。

F.7.1.2 避雷器表面的预处理

开始预处理前,应测量避雷器的参考电压。

应采用下面的步骤:

- a) 避雷器不带电,将污浆施加于整只避雷器上,包括伞的底部。污浆层应呈现为一个连续膜,施污最长时间为 10 min;
- b) 施污完成三分钟内,向避雷器施加电压 U_c (见 F.7.1.3 注 2)10 min;
- c) 避雷器应用水清洗干净,然后滴水晾干;
- d) 将 a)、b)、c) 步骤重复 3 次。

在预处理程序后,避雷器应冷却到环境温度。

为了验证避雷器在预处理过程中没有发生损坏,应测量避雷器的参考电压并与预处理前的测量值比较,参考电压变化的接受值由制造厂规定。

在预处理程序完成后,应尽可能快进行污秽试验。

F.7.1.3 试验程序

应采用下面的步骤:

- a) 避雷器不带电,将污浆施加于整只避雷器上,包括伞的底部。污浆层应呈现为一个连续膜,施污最长时间为 10 min。
- b) 施污完成 3 min 内,向避雷器施加电压 U_c (见 F.7.1.3 注 2)10 min;在施压时开始测量电荷。
- c) 避雷器应用水清洗干净,然后滴水晾干。在进行下一个试验之前,避雷器的内部部件被放置冷却至平均环境温度 ± 2 K。如果不测量内部部件的温度,连续两次试验之间的最小时间相隔应为 2τ ,以确保避雷器冷却接近至环境温度。经制造商允许,任何将避雷器冷却至环境温度的方法均是允许的。为了减少等待的时间,几只避雷器可以并行试验。
- d) 将 a)、b)、c) 步骤重复 5 次。
- e) 应按附录 F.8 规定的方法对预期温升 ΔT_z 进行计算。
- f) 如果 ΔT_z 值低于 40 K,则不要求进一步的污秽试验。动作负载试验的起始温度 T_{OD} 应是 60 ℃。如果 ΔT_z 值高于或等于 40 K,步骤 a)、b) 和 c) 应重复 5 次以上并且按附录 F.8 规定的方法计算预期温升 ΔT_z 。

注 1: 每个循环之后应清洗,去除上次试验循环的任何影响,这样可以改进试验循环之间的统计独立性。

注 2: 假如没有什么理由却选取远高于系统相-地运行电压来作为持续运行电压,则由供需双方协商可用相-地电压进行试验。

F.7.2 盐雾法

F.7.2.1 总则

F.7.2.1.1 污染物准备

应按 GB/T 4585—2004 的第 7 章准备盐溶液:盐溶液由工业纯氯化钠(NaCl)和自来水制成。

所用盐度应比避雷器规定的耐盐度小两级。盐度值的公差应与 GB/T 4585—2004 的第 7 章一致。应用测量导电系数的方法进行盐度的测量,并用与 GB/T 4585—2004 一致的方法对温度进行修正。

F.7.2.1.2 喷雾系统

产生盐雾的系统应与 GB/T 4585—2004 第 8 章的规定一致。

F.7.2.1.3 避雷器表面的预处理

开始预处理前,应按 7.2 中规定的方法确定避雷器的参考电压。

预处理每次应在避雷器的一个元件上进行,如果预处理在装配于避雷器的元件上进行时,其他元件应用导线外部短路,并且不带电。

元件应施加电压 U_c ，并应受到盐雾作用 20 min 或直至闪络。

如果不发生闪络，则电压应升高至避雷器元件的额定电压，时间为 5 s 或直至闪络，然后再将电压降至 U_c 值 5 min。重复该试验直至发生 8 次闪络。

为了获得 8 次闪络而无需多次电压上升循环，预处理应优先在盐度值高于元件预期最大耐受水平下进行。

经供需双方协商，预处理也可以在没有内部元件的避雷器外套上进行。

每个元件预处理后，应将盐雾清理掉并且用自来水将避雷器清洗干净。

在与处理过程结束后，避雷器应冷却到环境温度。

为验证避雷器在预处理过程中没有发生损坏，应测量避雷器的参考电压，并将其与预处理之前所测得的参考电压进行对比。制造商应规定参考电压的允许变化极限量。

预处理完成后，应立刻进行盐雾试验。

试验开始时，避雷器应与试验室空气处于热平衡状态，环境温度应不低于 5 ℃ 但不高于 40 ℃，其与水溶液的温度差不应超过 15 K。

F.7.2.2 试验程序

应采用下面的步骤：

- a) 应用自来水将避雷器均匀的清洗，当避雷器全部湿透时，对其施加试验电压 U_c （见注 2）。
- b) 避雷器施压至规定的试验电压时，并应将盐溶液泵和空气压缩机接通。当喷嘴处压缩空气达到正常压力时，则认为试验开始。此时启动电荷测量系统。
- c) 15 min 后停止施雾，避雷器在通电状态下再保持 15 min。
- d) 在进行下一个循环之前，应将盐雾清理掉并允许将避雷器冷却至环境温度。为确保避雷器已冷却至接近环境温度，连续两次试验之间的最小时间相隔应为 2τ 。经制造商允许，任何将避雷器冷却至环境温度的方法均是允许的。为了减少等待的时间，几只避雷器可以并行试验。
- e) 将 a)、b)、c) 和 d) 步骤应重复 5 次。
- f) 应按附录 F.8 规定的方法对预期温升 ΔT_z 进行计算。
- g) 如果 ΔT_z 值低于 40 K，则不要求进一步的污秽试验。动作负载试验的起始温度 T_{0D} 应是 60 ℃。如果 ΔT_z 值高于或等于 40 K，步骤 a)、b)、c) 和 d) 应重复 5 次以上并且按附录 F.8 规定的方法计算预期温升 ΔT_z 。

注 1：每个循环之后应清洗除去上次试验循环的任何影响，这样可以改进试验循环之间的统计独立性。

注 2：假如毫无理由地选取远高于系统相-地运行电压来作为持续运行电压，则由供需双方协商可用相-地电压进行试验。

F.8 试验结果的评估

F.8.1 K_n 的计算

对试验循环的每一次重复， K_n 值应按下列式计算：

$$K_n = \frac{\sum \left(\frac{Q_{ik} U_{rk}}{U_r} \right)}{Q_{e \max}} \dots\dots\dots (F.5)$$

式中：

$Q_{e \max}$ ——外部电荷水平的最大值；

Q_{ik} ——相应于元件 k 的内部电荷；

U_{rk} ——元件 k 的额定电压；

U_r ——避雷器额定电压；

$k=1, 2, \dots, n$ ；

n ——避雷器单元的数量。

如果用测量内部部件温度来代替内部电荷，公式(F. 5)由公式(F. 6)代替：

$$K_n = \frac{\sum \left(\frac{\Delta T_k U_{rk}}{\beta U_r} \right)}{Q_{e \max}} \dots\dots\dots (F. 6)$$

这里 ΔT_k 是相应于元件 k 的温升，是由该元件不同点测得的最大温度的算术平均值计算得到的。

注：如果内部温升 ΔT_k 是试验期间直接测量的， $Q_{e \max}$ 值可按下列公式计算：

$$Q_{e \max} = \max \left(Q_{tot} - \frac{\Delta T_k}{\beta} \right) \dots\dots\dots (F. 7)$$

平均值 K_{ieM} 由 K_n 值的算术平均值计算而得， σ 是 K_n 值的标准偏差，统计比率 K_{ie} 按下面的公式计算：

$$K_{ie} = K_{ieM} + c\sigma \dots\dots\dots (F. 8)$$

这里： $c=2$ ，如果用 10 次试验循环测量为基础来进行计算。

$c=2.9$ ，如果用 5 次试验循环测量为基础来进行计算。

F. 8.2 运行中预期温升 ΔT_z 的计算

预期温升 ΔT_z 应按下列公式计算：

$$\Delta T_z = \beta K_{ie} q_z D_m \tau \left(1 - e^{-\frac{z}{\tau}} \right) \dots\dots\dots (F. 9)$$

F. 8.3 动作负载试验的准备

动作负载试验的起始温度 T_{OD} 的计算依据下列判据：

如果 ΔT_z 大于 40 K，则 $T_{OD} = 20 \text{ }^\circ\text{C} + \Delta T_z$ ；

如果 ΔT_z 小于或等于 40 K，则 $T_{OD} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

动作负载试验应按 8.5 中规定的方法进行，起始温度等于 T_{OD} 。

F. 9 示例

下例为应用该试验程序的示例，试验避雷器额定值如下：

U_r	198 kV
$U_{r \min}$	90 kV
U_c	156 kV
试验电压	142 kV(见注)
单元数量	2
U_r (底部单元)	90 kV
U_r (顶部单元)	108 kV
D_m	198 mm

注：试验电压值选取与 F. 7. 2. 2 的注 2 一致。

F. 9.1 预加热试验

预加热试验结果如下：

τ 1.5 h

β 19 K/C(即，需要 5.3 C 的电荷把避雷器从 20 $^\circ\text{C}$ 加热至 120 $^\circ\text{C}$)

F. 9.2 验证进行污秽试验的必要性

由公式(F. 2)计算 $\Delta T_{z \max}$ 的计算结果示于表 F. 5 中。

表 F.5 本例 $\Delta T_{z, \max}$ 的计算值

污秽地区	污秽事件持续时间 h	$\Delta T_{z, \max}$ K	进行污秽试验的必要性
I	2	1.1	否
	6	0.7	
II	2	7.5	否
	6	7.3	
III	2	54.5	是
	6	42.3	
IV	2	124.7	是
	6	108.8	

因此,应用在 I 和 II 污秽地区的避雷器不需要进行污秽试验,动作负载试验的起始温度应取 60 °C。

F.9.3 盐雾试验

在 14 kg/m³ 的盐度时,盐雾试验结果示于表 F.6。

表 F.6 本例盐雾试验结果

试验序号	$Q_{e,bot}^a$ C	$Q_{e,top}^b$ C	$Q_{i,top}^c$ C	$Q_{i,bot}^d$ C	K_n
1	6.7	4.1	2.3	0	0.18
2	5.9	4.2	1.3	0	0.12
3	6.4	4.3	1.8	0	0.15
4	6.7	4.5	2.2	0	0.18
5	5.9	3.5	2.2	0	0.20
6	5.7	3.6	2	0	0.19
7	6.2	3.5	2.4	0	0.21
8	6.0	3.5	2.4	0	0.21
9	6.8	4.0	2.6	0	0.20
10	6.2	3.8	2.1	0	0.18

^a $Q_{e,bot}$ 指在底部元件接地端子处所测的表面电荷。
^b $Q_{i,bot}$ 指在底部元件接地端子处所测的内部电荷。
^c $Q_{e,top}$ 指在顶部元件线路端子处所测的表面电荷。
^d $Q_{i,top}$ 指在顶部元件线路端子处所测的内部电荷。

F.9.4 5 次试验循环后的计算

F.9.4.1 K_n 的计算

在首个 5 次污秽试验循环中所得的数据,精心处理计算得到如下结果:

$$K_{ie,M} = 0.166 \text{ (即, } K_n \text{ 算术平均值)}$$

$$\sigma = 0.031 \text{ (即, } K_n \text{ 值的标准偏差)}$$

统计比率 K_{ie} 按下列公式计算

$$K_{ie} = 0.166 + 2.9 \times 0.031 = 0.256$$

F.9.4.2 ΔT_z 和 T_{OD} 的计算

不同污秽地区的运行中的预期温升 ΔT_z (见附录 F.8.2) 的计算在表 F.7 中示出。

表 F.7 5 次循环后本例 ΔT_z 和 T_{OD} 的计算值

污秽地区	污秽事件持续时间 h	ΔT_z K	T_{OD} °C
Ⅲ	2	26	60
	6	20	60
Ⅳ	2	59	79
	6	51	71

因此,对应用于Ⅲ级污秽地区的避雷器不需进行进一步的污秽试验,并且动作负载试验的起始温度应为 60 °C。对于Ⅳ级污秽地区,应进行多于 5 次的污秽试验循环。

F.9.5 10 次试验循环后的计算

F.9.5.1 K_w 的计算

在首个 10 次污秽试验循环中所得的数据,精心处理计算得到如下结果:

$$K_{ie.M} = 0.182 \text{ (即, } K_n \text{ 算术平均值)}$$

$$\sigma = 0.028 \text{ (即, } K_n \text{ 值的标准偏差)}$$

统计比率 K_w 按下列公式计算

$$K_{ie} = 0.182 + 2 \times 0.028 = 0.238$$

F.9.5.2 ΔT_z 和 T_{OD} 的计算

运行预期温升 ΔT_z (见附录 F.8.2) 的计算以及不同污秽地区动作负载试验起始温度 T_{OD} (见附录 F.8.3) 的计算(在这种情况下,仅需对Ⅳ级污秽地区进行计算)在表 F.8 中示出。

表 F.8 10 次循环后本例 ΔT_z 和 T_{OD} 的计算值

污秽地区	污秽事件持续时间 h	ΔT_z K	T_{OD} °C
Ⅳ	2	54	74
	6	47	67

因此,对应于Ⅳ级污秽地区的避雷器而言,其动作负载试验起始温度应为 74 °C。

附录 G

(资料性附录)

询价和投标应提供的典型信息

G.1 询价应提供的信息

G.1.1 系统数据

- 最高系统电压；
- 频率；
- 在系统故障条件下最大对地电压(接地故障因数或中性点接地系统)；
- 接地故障的最大持续时间；
- 暂时过电压最大值及其最大持续时间(接地故障,甩负荷,铁磁谐振)；
- 被保护设备的绝缘水平；
- 避雷器安装点的系统短路电流。

G.1.2 运行条件

正常条件,见 5.4.1。

异常条件:

- a) 环境条件见 5.4.2 及附录 A:
 - 自然污秽水平,见 GB/T 311.2—2002。
- b) 系统:
 - 发电机超速的可能性(见电压与时间特性)；
 - 额定频率低于 48 Hz 或高于 62 Hz；
 - 甩负荷同时有接地故障。在通常的中性点有效接地系统内,故障时使系统的一部分形成中性点绝缘系统；
 - 不完全的接地故障电流补偿。

G.1.3 避雷器负载

- a) 与系统连接:
 - 相对地；
 - 中性点对地；
 - 相对相。
- b) 被保护设备类型:
 - 变压器(直接接于线路或经电缆)；
 - 旋转电机(直接接于线路或经变压器)；
 - 电抗器；
 - 高频电抗器；
 - 变电站的其他设备；
 - 气体绝缘变电站(GIS)；
 - 电容器组；
 - 电缆(型号和长度)等。
- c) 被保护设备与避雷器之间的高压连线之间的最大长度(保护距离)。

G.1.4 避雷器特性

- 持续运行电压；

- 额定电压；
- 陡波电流冲击残压；
- 标准波标称放电电流和残压；
- 操作冲击电流和残压；
- 对于 10 000 A 及 20 000 A 避雷器预期长持续时间放电等级,见 8.4.2；
- 压力释放等级(短路电流能力),见 6.11；
- 避雷器外套爬电距离和形状。根据实际区域内避雷器和/或其他类型设备的运行经验选择。

G.1.5 其他设备和安装

- 金属封闭避雷器；
- 安装形式:座式、箍夹式、悬挂式(在什么位置)等,以及是否需要绝缘底座安装放电计数器。对于箍夹式安装的避雷器,箍夹接地与否；
- 如果不是垂直安装,安装方向；
- 如果需要时,接地连接脱离器/故障指示器；
- 连接引线的截面。

G.1.6 任何特殊的异常条件

例如:非常频繁的动作。

G.2 招标应提供的信息

G.1.4 及 G.1.5 的全部。

另外附加:

- 在环境温度下的参考电流和参考电压；
- 工频电压-时间特性(见附录 D)；
- 在 0.5 倍,1 倍和 2 倍标称放电电流下的雷电冲击残压。如果不能在上述电流下进行整只避雷器的验收试验时,应另外规定在 0.01 倍~0.25 倍标称放电电流的某一电流下的残压,见 6.3 及 8.3；
- 压力释放性能；
- 间隔距离,安装规范；
- 安装的可行性,钻孔图,绝缘底座,箍夹；
- 避雷器端子类型及允许的导体尺寸；
- 避雷器与放电计数器间及放电计数器与地间引线的最大允许长度；
- 尺寸及重量；
- 抗弯强度。

附录 H

(资料性附录)

大电流冲击动作负载试验的典型回路

本附录的目的是推荐一个适用于大电流冲击动作负载试验(见 8.5.4)的实用性试验回路(图 H.1),并介绍回路各元件的作用,而不是规定在各地做试验时必须使用的一种标准试验回路。动作负载试验的要求,如工频电压和冲击电流特性等在 8.5.1 及 8.5.4 中给出。满足这些要求的确切方法并不重要。在选择回路和各元件参数方面可以有許多变化。

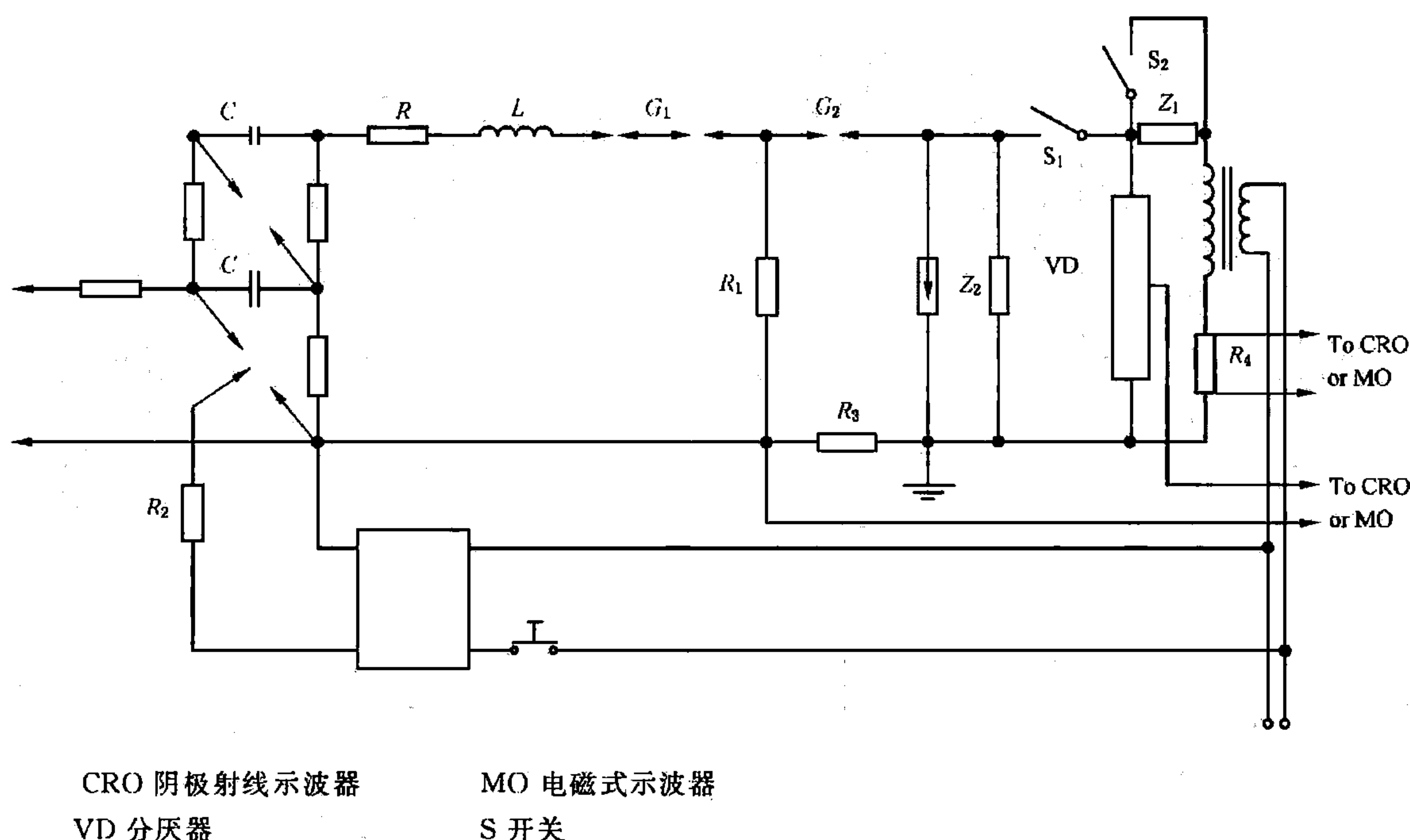


图 H.1 典型的大电流冲击动作负载试验用试验回路图

试品经开关 S_1 接到工频电源上,通常通过变压器,虽然这点并不重要。图示为 2 阶回路的冲击电流发生器,如果足够满足要求,也可为单阶回路,通过电阻 R_1 ,电感 L 及放电间隙 G_1 和 G_2 与试品相连。选择适当的 C 、 R 和 L 值,以控制冲击电流的波形。图中所示低电阻无感分流器 R_3 和分压器 $V. D.$ 分别用来测量冲击电流和冲击电压。图中连接电源变压器的分流器 R_4 ,用于记录流过避雷器的工频电流。

将冲击电流发生器与避雷器隔离的放电间隙可能有各种形式。在采用图示间隙形式时,如果采用电阻 R_1 ,其值为兆欧级,当无电流流过时, R_1 用来使多个放电间隙中的接地电位保持在一点。因此间隙 G_1 上没有任何工频电压。间隙 G_2 应做得尽可能小,只要它能耐受工频电压即可。阻抗 Z_1 和 Z_2 通过开关 S_2 用来控制加在试品两端的工频电压(分别为 U_1^* 和 U_2^*),直到满足 8.5.1 规定的工频电源要求。

如果采用了适当的措施,工频电源电流可用电磁式示波器记录,也可用阴极射线示波器记录。工频电压可通过分压器或电压互感器,采用电磁式示波器或阴极射线示波器记录。

如图 H.1 所示,冲击电流发生器通过触发装置进行触发。触发装置把高压脉冲施加到冲击电流发生器的 3 个电极间隙的中间电极。高阻值电阻 R_2 可防止较大的冲击电流流入触发电路,冲击电流发生器触发可以用按钮起动。

附录 I
(资料性附录)

长持续时间冲击电流耐受试验用的一种分布常数发生器的典型回路

本附录目的是推荐适用于长持续时间冲击电流耐受试验的一种试验回路原理,并介绍回路各元件的功能,而不是规定在所有试验中必须使用的标准试验回路。

波形、持续时间、注入试品的能量以及冲击间隔时间等要求在试验规范中给出。

满足这些要求的精确方法并不重要。在回路和各元件参数的选择方面可能有很多方案。图 I.1 给出分布常数冲击发生器的简图。当忽略电阻时,发生器的波阻抗由下式确定:

$$Z = \sqrt{L/C}$$

通常发生器中 LC 链数约为 10 链,以产生可接受的波形。为了限制在波形峰值始尾端的振荡,可能需要增大发生器两端的电感,并需要添加并联电阻 R 以补偿因电感的增加而引起的波前陡度的降低。

触发间隙可以用简单的开关,如果采用辅助冲击发生器来触发分布常数发生器放电,则前者贮存的能量,不应超过后者贮存能量的 0.5%。

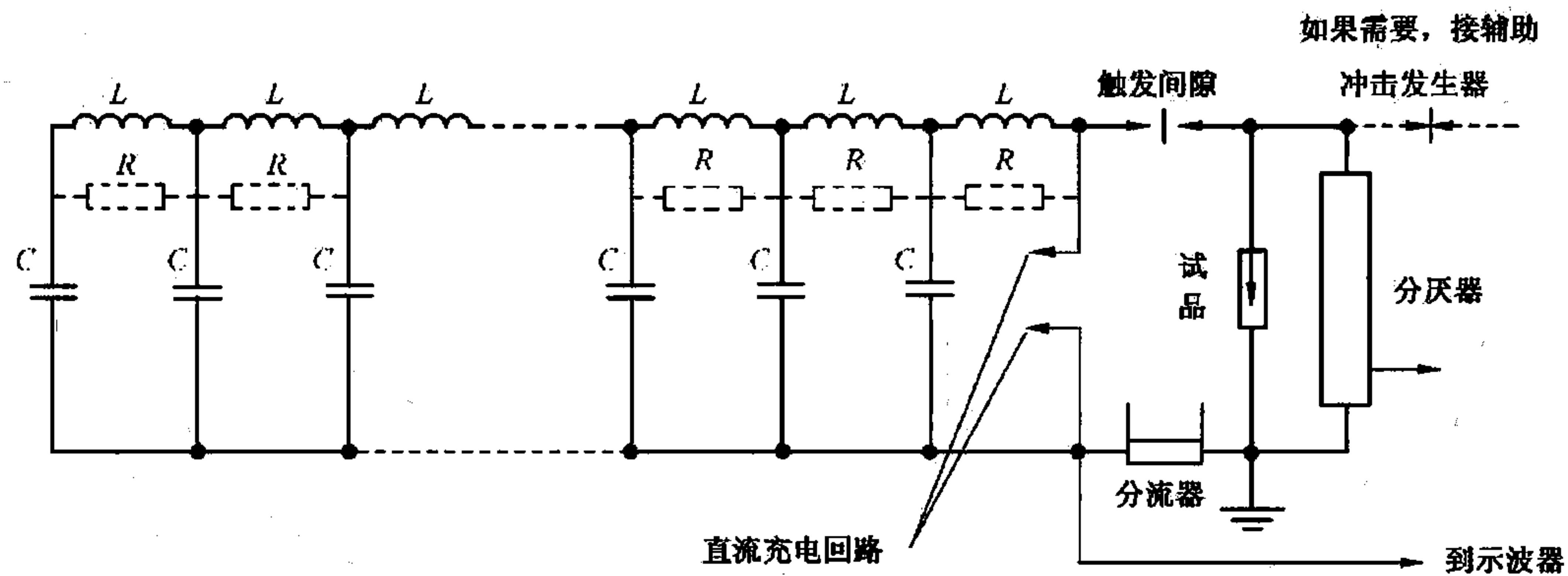


图 I.1 长持续时间冲击试验用的典型分布常数冲击发生器

应记录流过避雷器试品的电流和避雷器试品两端的电压。

附录 J
(规范性附录)
典型的最大残压

表 J.1 单位额定电压下 20 000 A 和 10 000 A 等级避雷器残压

额定电压 U_r , kV(有效值)	20 000 A kV(峰值)/ U_r			10 000 A kV(峰值)/ U_r		
	陡波 ^a	雷电波 ^b	操作波 ^c	陡波 ^a	雷电波 ^b	操作波 ^c
3~29				2.6~4.0	2.3~3.6	2.0~2.9
30~132	2.6~3.1	2.3~2.8	2.0~2.3	2.6~3.7	2.3~3.3	2.0~2.6
144~342	2.6~3.1	2.3~2.8	2.0~2.3	2.6~3.7	2.3~3.3	2.0~2.6
360~756	2.6~3.1	2.3~2.8	2.0~2.3	2.6~3.1	2.3~2.8	2.0~2.3

注：本表给出通常可用的最大残压范围，残压值低者通常相应于线路放电等级高的避雷器反之亦然。

^a 陡波电流冲击残压试验，见 8.3.1。
^b 雷电冲击保护水平，见 8.3.2。
^c 操作冲击保护水平，见 8.3.3。

表 J.2 单位额定电压下 5 000 A、2 500 和 1 500 A 等级避雷器残压

额定电压 U_r , kV(有效值)	5 000 A kV(峰值)/ U_r		2 500 A kV(峰值)/ U_r		1 500 A kV(峰值)/ U_r	
	陡波 ^a	雷电波 ^b	陡波 ^a	雷电波 ^b	陡波 ^a	雷电波 ^b
0.175~2.9	2.7~4.0	2.4~3.6	2.7~5.0	3.3~4.5		
3~29	2.7~4.0	2.4~3.6	4.0	3.6	4.5~6.7	4.0~6.0
30~132	2.7~3.7	2.4~3.3	4.0	3.6		

注：本表给出通常可用的最大残压范围。

^a 陡波电流冲击残压试验，见 8.3.1。
^b 雷电冲击保护水平，见 8.3.2。

表 J.4 典型的电气化铁道用避雷器参数

单位为千伏

避雷器额定电压 U_r (有效值)	避雷器持续 运行电压 U_c (有效值)	标称放电电流 5 kA 等级			
		陡波冲击 电流残压	雷电冲击 电流残压	操作冲击 电流残压	直流 1 mA 参考电压
		(峰值)不大于			不小于
42	34.0	138.0	120.0	98.0	65.0
84	68	276	240	196	130

表 J.5 典型的并联补偿电容器用避雷器参数

单位为千伏

避雷器额定电压 U_r (有效值)	避雷器持续 运行电压 U_c (有效值)	标称放电电流 5 kA 等级		
		雷电冲击 电流残压	操作冲击 电流残压	直流 1 mA 参考电压
		(峰值)不大于		不小于
5	4.0	13.5	10.5	7.2
10	8.0	27.0	21.0	14.4
12	9.6	32.4	25.2	17.4
15	12.0	40.5	31.5	21.8
17	13.6	46.0	35.0	24.0
51	40.8	134.0	105.0	73.0
84	67.2	221	176	121
90	72.5	236	190	130

表 J.6 典型的电机用避雷器参数

单位为千伏

避雷器 额定电压 U_r (有效值)	避雷器持续 运行电压 U_c (有效值)	标称放电电流 5 kA 等级				标称放电电流 2.5 kA 等级			
		发电机用避雷器				电动机用避雷器			
		陡波冲 击电流 残压	雷电冲 击电流 残压	操作冲 击电流 残压	直流 1 mA 参考 电压	陡波冲 击电流 残压	雷电冲 击电流 残压	操作冲 击电流 残压	直流 1 mA 参考 电压
		(峰值)不大于			不小于	(峰值)不大于			不小于
4	3.2	10.7	9.5	7.6	5.7	10.7	9.5	7.6	5.7
8	6.3	21.0	18.7	15.0	11.2	21.0	18.7	15.0	11.2
13.5	10.5	34.7	31.0	25.0	18.6	34.7	31.0	25.0	18.6
17.5	13.8	44.8	40.0	32.0	24.4	—	—	—	—
20	15.8	50.4	45.0	36.0	28.0	—	—	—	—
23	18.0	57.2	51.0	40.8	31.9	—	—	—	—
25	20.0	62.9	56.2	45.0	35.4	—	—	—	—

表 J.7 典型的低压避雷器参数

单位为千伏

避雷器额定电压 U_r (有效值)	避雷器持续运行电压 U_c (有效值)	标称放电电流 1.5 kA 等级	
		雷电冲击电流残压	直流 1 mA 参考电压
		(峰值)不大于	
0.28	0.24	1.3	0.6
0.50	0.42	2.6	1.2

表 J.8 典型的电机中性点用避雷器参数

单位为千伏

避雷器额定电压 U_r (有效值)	避雷器持续运行电压 U_c (有效值)	标称放电电流 1.5 kA 等级		
		雷电冲击电流残压	操作冲击电流残压	直流 1 mA 参考电压
		(峰值)不大于		不小于
2.4	1.9	6.0	5.0	3.4
4.8	3.8	12.0	10.0	6.8
8	6.4	19.0	15.9	11.4
10.5	8.4	23.0	19.2	14.9
12	9.6	26.0	21.6	17.0
13.7	11.0	29.2	24.3	19.5
15.2	12.2	31.7	26.4	21.6

表 J.9 典型的变压器中性点用避雷器参数

单位为千伏

避雷器额定电压 U_r (有效值)	避雷器持续运行电压 U_c (有效值)	标称放电电流 1.5 kA 等级		
		雷电冲击电流残压	操作冲击电流残压	直流 1 mA 参考电压
		(峰值)不大于		不小于
60	48	144	135	85
72	58	186	174	103
96	77	260	243	137
144	116	320	299	205
207	166	440	410	292

表 J.10 典型的线路避雷器参数

单位为千伏

避雷器额定电压 U_r (有效值)	避雷器持续运行电压 U_c (有效值)	标称放电电流 20 kA 等级				标称放电电流 10 kA 等级				标称放电电流 5 kA 等级				系统标称电压 (有效值)
		陡波冲击电流残压	雷电冲击电流残压	操作冲击电流残压	直流 1 mA 参考电压	陡波冲击电流残压	雷电冲击电流残压	操作冲击电流残压	直流 1 mA 参考电压	陡波冲击电流残压	雷电冲击电流残压	操作冲击电流残压	直流 1 mA 参考电压	
		(峰值)不大于			不小于	(峰值)不小于			不小于	(峰值)不大于			不小于	
17	13.6									57.5	50	42.5	25	10
51	40.8									154	134	114	73	35
54	43.2									163	142	121	77	
96	75					288	250	213	140	288	250	213	140	66

表 J.10 (续)

单位为千伏

避雷器额定电压 U_r	避雷器持续运行电压 U_c	标称放电电流 20 kA 等级				标称放电电流 10 kA 等级				标称放电电流 5 kA 等级				系统标称电压
		陡波冲击电流残压	雷电冲击电流残压	操作冲击电流残压	直流 1 mA 参考电压	陡波冲击电流残压	雷电冲击电流残压	操作冲击电流残压	直流 1 mA 参考电压	陡波冲击电流残压	雷电冲击电流残压	操作冲击电流残压	直流 1 mA 参考电压	
(有效值)		(峰值)不大于			不小于	(峰值)不小于			不小于	(峰值)不大于			不小于	(有效值)
108	84					315	281	239	157	323	281	239	157	110
114	89					341	297	252	165					
216	168.5					630	562	478	314					220
312	237					847	760	643	442					330
324	246					880	789	668	459					
444	324	1 238	1 106	907	597	1 137	1 015	900	597					500
468	330	1 306	1 166	956	630	1 198	1 070	950	630					

附录 K
(资料性附录)

高温下老化试验程序——阿仑纽斯定律

阿仑纽斯定律对于金属氧化物电阻片寿命的期望值给出了很好的可信度。它是现行的老化试验程序(见 8.5.2)的基础。根据标准,避雷器运行的正常环境温度上限为 40 ℃。对于某些避雷器,如外壳不带电型避雷器或液浸式避雷器,避雷器在其介质中运行的环境温度上限较高(分别为 +65 ℃ 及 +95 ℃)。

老化的加速率可以通过加速系数 $AF_T = 2.5^{(\Delta T/10)}$ 进行合理地估算,式中 ΔT 是试验温度与相应产品的环境温度的上限的温差。

表 K.1 提供了一些 115 ℃, 1 000 h 老化试验的最低验证预期寿命,见 8.5.2。

表 K.1 最低预期寿命

环境温度的上限 ℃	最低预期寿命 年
40	110
65	11
95	0.7

注:最低预期寿命是将 1 000 h 乘以加速系数得到的。

对于最高的环境温度,1 000 h 试验不能给出最低预期寿命的足够可信度。为了改善这一状况,可以考虑增加试验温度,试验电压或试验持续时间。

通常,将试验温度增加超过 115 ℃ 是不能接受的,因为它可能改变老化的机制,使阿仑纽斯定律成为不能应用的,增加试验电压也是不可接受的,因为这个系数没有作为一个加速系数建立起来。

唯一剩下的可能性是增加试验时间,表 K.2 表明试验时间与不同的环境温度上限的等值时间之间的关系。

表 K.2 115 ℃ 下的试验持续时间与环境温度上限下的等值时间的关系

环境温度的上限 ℃	在 115 ℃ 下的试验持续时间 h	在环境温度上限下的等值时间 年
40	1 000	110
65	2 000	22
95	7 000	5

如果用户不能接受这些持续使用温度下的等价时间,那么供需双方达成协议后,可以增加试验持续时间。换言之,如果可以验证阿仑纽斯定律仍然可以适用,经供需双方达成协议后,可以使用较高的温度。

附录 L

(资料性附录)

确定金属氧化物避雷器的电位分布导则

L.1 总则

金属氧化物避雷器的电位分布由非线性电阻片的电容和电阻、非线性电阻片柱和金属法兰对地和带电部件之间的杂散电容以及边界条件(施加电压,周围布置及施加到邻近的其他物体上的电压)所决定。杂散电容造成沿电阻片柱的不均匀电位分布,最大的电位应力典型地出现在避雷器的上部。

对于加速老化试验程序(见 8.5.2),试验电压 U_{ca} 是沿非线性电阻片柱出现的最大电压应力。电位分布可以用计算程序通过对一般电场和电路计算来确定。然而,这些计算结果取决于避雷器的等效及主要的边界条件的确定。本附录的目的是根据边界条件模型的一般信息,提供描述避雷器的几何形状及其电气特性的基本导则。

由于避雷器安装的复杂性及多变性,经常需要简化避雷器几何形状和边界条件,使给定的避雷器电位分布计算更快捷。在附录 L.2 中讨论避雷器几何形状不同程度的简化,在附录 L.3 中给出在三相安装方式下边界条件的简化表示。对于其他避雷器设计模型,例如 GIS 避雷器,没有给出导则,因为其几何形状及边界条件通常已很好确定了。

在附录 L.4 中描述了根据非线性电阻片柱电气表达的复杂程度的不同,运用的两种不同方法的计算程序。

在附录 L.5 中提出一个典型的户外安装方式避雷器电场计算的例子。

L.2 避雷器模型

因为杂散电容对于沿非线性电阻片柱的电位分布非常重要,因此必须考虑这些杂散电容对不同避雷器模型简化的影响。利用避雷器的轴对称特点,根据避雷器模型的简化程度,下面给出进行一系列电场计算的结果。

非线性电阻片柱,包括任何金属垫块,应用它的实际尺寸及介电常数来表示。用较大的直径和相对减小的介电常数来“等效”非线性电阻片柱会导致比较高的最大电压应力。同样,用没有垫块以及相对加大的介电常数“等效”柱来代替实际非线性电阻片/垫块柱,也会导致较高的最大电压应力。

外套可用圆筒来表示,其内径等于实际外套的内径,厚度等于实际外套的壁厚。介电常数应是实际外套材料(例如电瓷或复合材料)的介电常数。因为伞裙对电位分布的影响较小,所以伞裙可以省略。

绝缘外套及非线性电阻片柱之间的材料(例如:气体或其他填充材料)应该用它的实际尺寸及介电常数来建模。

金属法兰可用圆柱来表示,其直径等于实际法兰的最大外径,高度等于实际法兰的高度。

均压环可用具有相同尺寸的圆环表示,圆环的位置与实际的均压环的位置相同。忽略支撑部分,因为它无法用轴对称模型来表示,可能导致对最大电压应力的过高估计,在轴对称,三维模型中,支撑元件的表示方法将在附录 L.5 中讨论。

如果采用底座,可以用圆柱来表示,其截面足以容纳实际底座的最大截面,高度等于实际底座高度。降低底座的高度导致避雷器上部有较高的最大电压应力。

高压导线应该用垂直的圆导体来表示,其直径不大于实际导线的直径。忽略高压导线会导致避雷器上部较高的最大电压应力。

L.3 边界条件模型

对于典型的三相户外安装的避雷器,例如在变电站内,其边界条件由接地布置及邻近相的距离来确

定。通常,这是一个真实的三维电场问题,必须考虑施加电压的大小及相位。

通过将原来的三相、三维(3D)布局简化为等效的单相、轴对称布局,可以简化计算程序,它可以用普通的二维(2D)计算软件来计算。通过模拟避雷器在接地圆筒的中心位置获得等效的轴对称结构,接地圆筒的半径由制造商推荐的最小相-地距离来确定。接地圆筒的高度应该为避雷器加上底座总高的1.5倍。

注:该等效轴对称结构对于典型的三相安装方式是有效的,其中三只避雷器位于一条直线,与接地结构平行。距离等于如图 L.1 所示推荐的最小相-地距离和推荐的最小相-相距离。

L.4 计算程序

如附录 L.4.1 及附录 L.4.2 中所述,根据非线性电阻片柱电气特性的表示,计算程序可有两种不同的方法。全电容表示法(见附录 L.4.1)相对于阻容结合表示法(见附录 L.4.2),得到的是比较保守的结果,后者给出较低但更符合实际情况的应力。任何其他导致相同或更保守的计算程序也可采用。

L.4.1 非线性电阻片柱的电容表示法

在这种情况下,非线性电阻片柱完全用它的电容(介电常数)来表示,忽略电阻特性的影响。只要相应于试验电压 U_a 计算所得的最大电压应力低于电阻片的参考电压,就可以认为该保守的近似是合理的。确定的最大电压应力的轴向距离应不超过避雷器总高的3%。

L.4.2 非线性电阻片柱的阻容表示法

非线性电阻片柱是用它的电容及并联的非线性电阻特性来表示。对比仅考虑电容更为保守的表示法,这种非线性电阻片柱表示的结果更符合实际的最大电压应力。

首先,进行电容电场计算以确定对地的杂散电容。其次引入电阻特性并通过电路分析,计算电位分布。由于温度对电阻的影响,通常需要进行迭代计算程序。然而,应该采用+20℃下的恒定电阻特性作为合理而保守近似值。

图 L.2 所示为避雷器简化的多阶等效电路图。通过电路分析程序和考虑了电容及电阻的影响,它可以用于确定电位分布。避雷器用与电压有关的电阻、非线性电阻片柱的电容及对地的杂散电容来模拟。等值回路的每一阶可表示为单个金属氧化物电阻片(极限的情况下)或者非线性电阻片柱的一个单元。每个单元的长度应不超过整个避雷器长度的3%。

按 L.4.1 通过全电容电场计算得到结点电压,推导对地的杂散电容公式如下:

$$C_{e,x} = \frac{(U_{x+1} - U_x) \times C_{MO,x+1} - (U_x - U_{x-1}) \times C_{MO,x}}{U_x} \quad (x = 1, 2, \dots, n-1)$$

式中:

U_x ——在结点 x 的电压;

$C_{MO,x}$ ——在结点 x 的电容;

$C_{e,x}$ ——在结点 x 的对地杂散电容;

n ——单元数。

注:在一定情况下,计算结果为负值。这是选择模型的结果,其所有的杂散电容都接地。利用其他表示杂散电容的模型,负值可以避免。

L.4.3 确定 U_a

用计算的沿非线性电阻片柱总长度(加电压 $U=U_a$)的最大电压应力除以沿同样长度的平均电压应力来确定加速老化程序(见 8.5.2)中 U_a 与 U_c 的比值。

L.5 计算的实例

实例为利用两种不同的计算方法对一个典型的金属氧化物避雷器进行沿轴向电位分布计算的结果:有限元法(FEM)及边界元法(BEM)。有限元法仅仅适用于 2D 计算,而边界元法用于 2D 及 3D 计算。

计算的实例采用了全电容表示法以及阻容表示法进行计算,在计算中使用的避雷器模型是典型多元件瓷外套避雷器的简化模型(见图 L.3a)。

L. 5.1 避雷器模型和边界条件

避雷器的模型是按照附录 L. 2 推荐的方法进行简化的,但均压环是例外,如下所述均压环采用了不同的方法:

假定典型的避雷器装配有一个均压环及 4 个支撑均压环的元件,如图 L. 3a)所示。L. 3b)所示对应于均压环及其支撑件的不同简化程度而采用的不同表示法。第一个模型是利用一个没有支撑的均压环,应用在轴对称 2D 及 3D 计算中(分别为例 A 及例 D)。第二个模型用于研究在轴对称计算中添加“虚拟”均压环的可能性,以仿真均压环支撑的影响。并且进行了 2D 及 3D 的计算(分别为例 B 及例 E)。第三个模型是包括有支撑的均压环的三维表示法,仅用于 3D 计算(例 F)。

“等效”非线性电阻片柱的相对介电常数选为 800,而瓷套的相对介电常数设定为 5。边界条件是按照 L. 3 进行选择,也就是避雷器位于接地的圆筒中,其半径按最小间隔要求来确定。

L. 5.2 金属氧化物非线性电阻片的电阻影响

L. 4. 2 介绍了金属氧化物非线性电阻片的电阻影响。图 L. 4 所示为用于计算的非线性电阻特性。用包含“虚拟的”均压环(例 C)的 2D 计算与例 B 比较,研究电阻的影响。用包含支撑件(例 G)的 3D 计算与例 F 比较,研究电阻的影响。

由于电阻特性而引起的非线性效应,有必要在给定的电压水平下进行阻容计算。作为计算的例子,假设 $U_c = 333$ kV 有效值(471 kV 峰值),频率 50 Hz。

L. 5.3 电场计算的结果和结论

表 L. 1 概述了对于不同的例子(A-G),在每一个元件中,金属氧化物非线性电阻片柱上的最大电压应力计算结果。电压应力表示为非线性电阻片柱每米长度承担 U_c 的百分比。假设 $U_c = 100\%$ 时,对避雷器施加电压,产生的平均电压应力为 34.7%/m。表 L. 1 中的结果是利用不同的 FEM 及 BEM 计算软件进行多次计算的平均值。期望误差为 1%/m 至 2%/m。三个单元中的最大电压应力用 U_{α}/U_c 的比值表示,并用其来确定加速老化试验(见附录 L. 4. 3)的试验电压。对于例 B,沿避雷器柱电压应力的详细计算结果,在图 L. 5 中显示。

总之,可以得出的结论是 2D 及 3D 计算可得到相似的结果(例 A 与例 D 比较,例 B 与例 E 比较)。然而,利用 3D 计算方法时,计算时间要长若干个数量级。

参照在前节中讨论的避雷器模型中不同的简化方法,从表 L. 1 中可以推导出一些通常的结论:

- 在 3D 计算中(例 A 和例 D 与例 F 比较),如果包括了均压环的支撑件,顶部元件计算的电压应力要明显的低一些;
- 如果考虑了电阻的影响(例 B 与例 C 比较,例 F 与例 G 比较),在 2D 及 3D 两种计算中,所计算的应力结果都会进一步降低;
- 均压环支撑件的影响可以通过在轴对称模型中引入“虚拟”均压环来进行模拟(例 B 与例 F 比较,例 C 与例 G 比较)。然而,根据这些结果,不能确定“虚拟”均压环的尺寸和位置的一般规律。

表 L. 1 计算例子的结果

避雷器模型	案例	最大电压应力			最大比值 U_{α}/U_c
		上节元件 %/m	中间元件 %/m	下节元件 %/m	
2D 计算					
一个均压环	A	50	39	26	1.44
两个均压环	B	44	40	27	1.27
两个均压环,电阻影响	C	41	39	29	1.18
3D 计算					
一个均压环	D	50	37	27	1.44
两个均压环	E	43	38	28	1.24
一个均压环加四个支撑	F	44	39	27	1.27
一个均压环加四个支撑,电阻影响	G	41	39	28	1.18

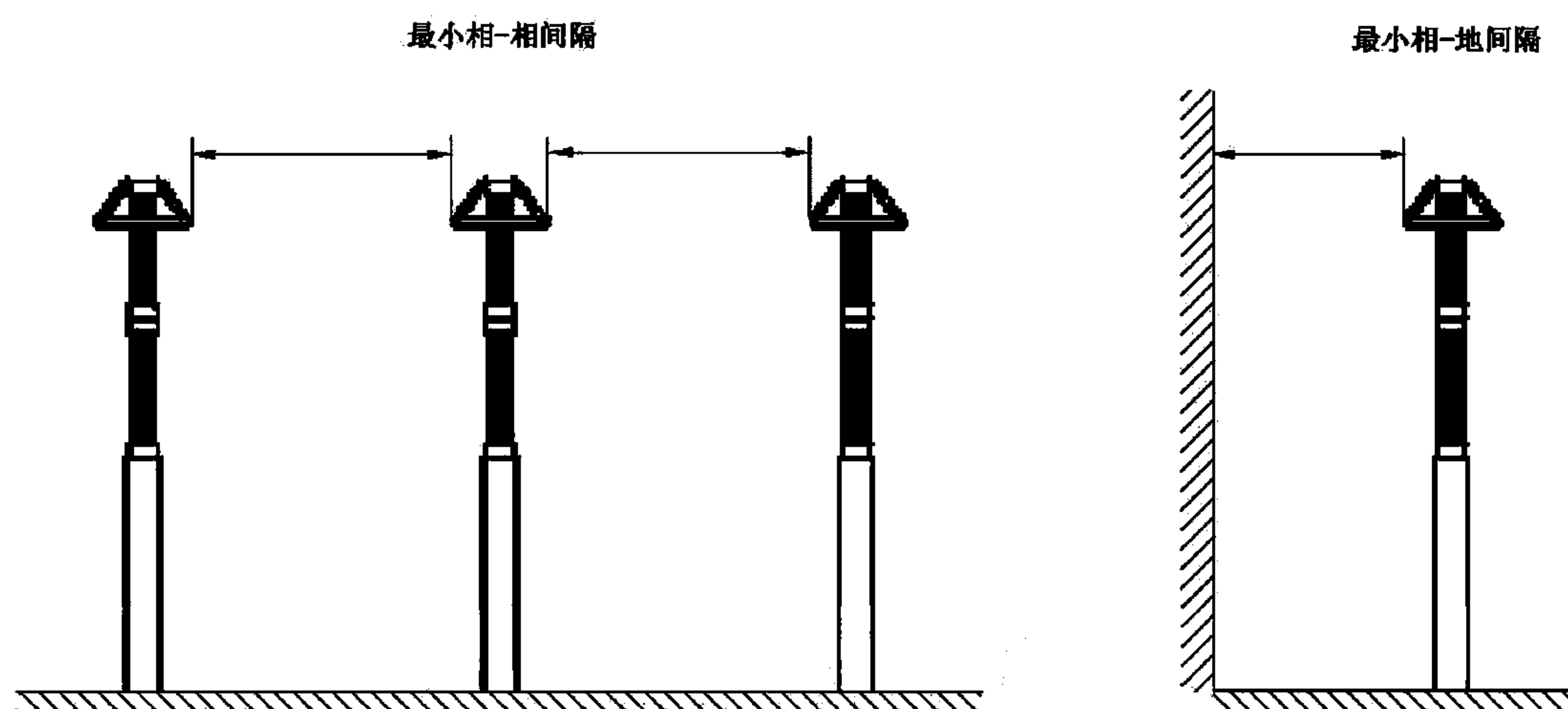
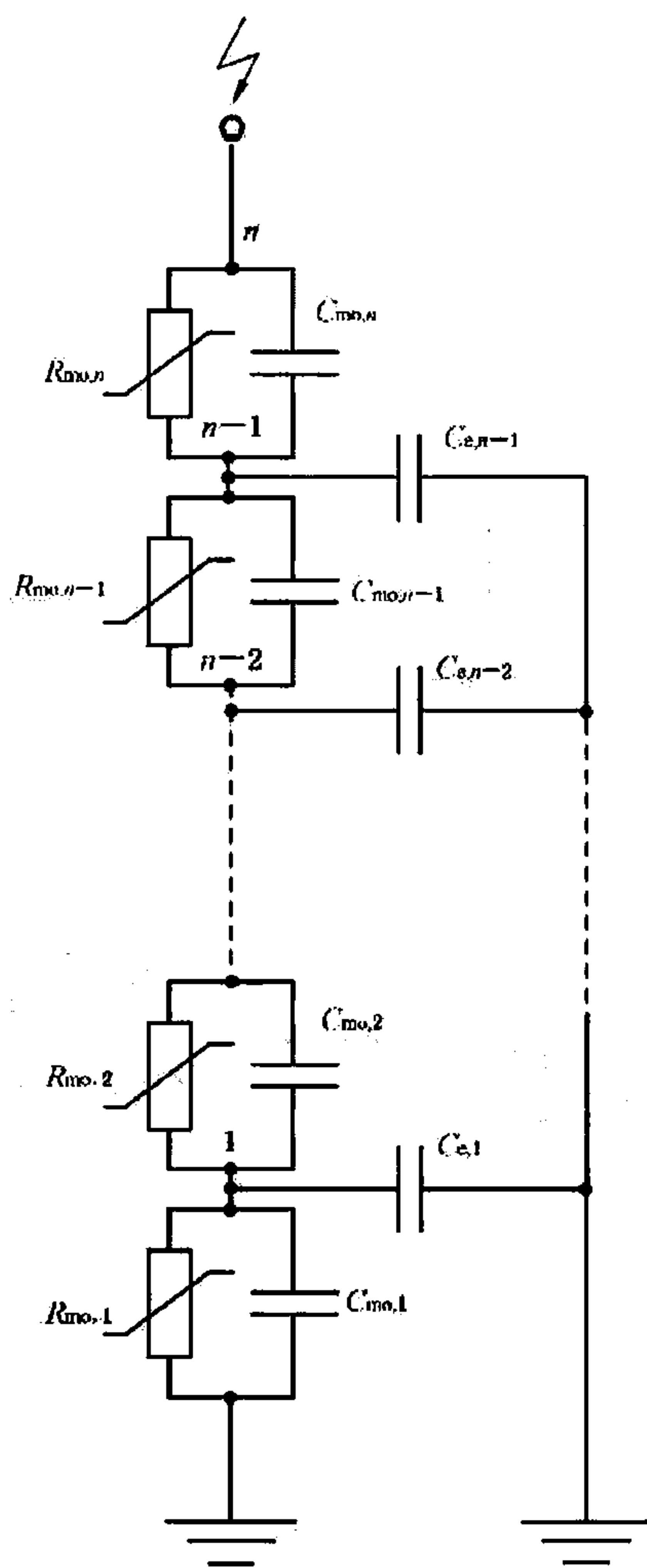


图 L.1 典型的三相避雷器安装方式



- $R_{mo,x}$ —— x 单元的电压相关的电阻；
- $C_{mo,x}$ —— x 单元的电容；
- $C_{e,x}$ —— 节点 x 的对地杂散电容；
- n —— 单元数。

图 L.2 避雷器的多阶等效回路简图

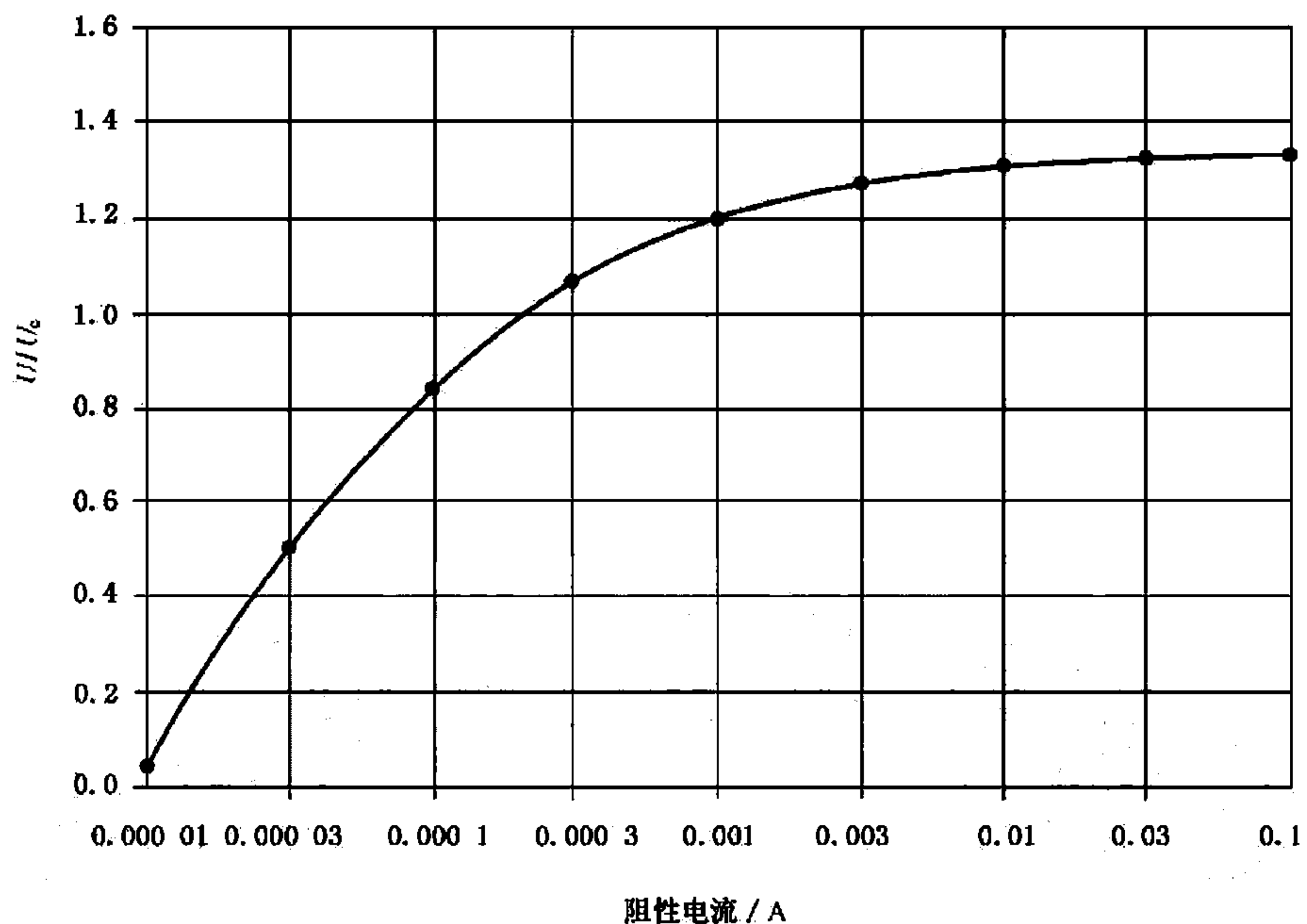


图 L.4 例:20 °C 下泄漏电流区域中金属氧化物电阻片的伏安特性曲线

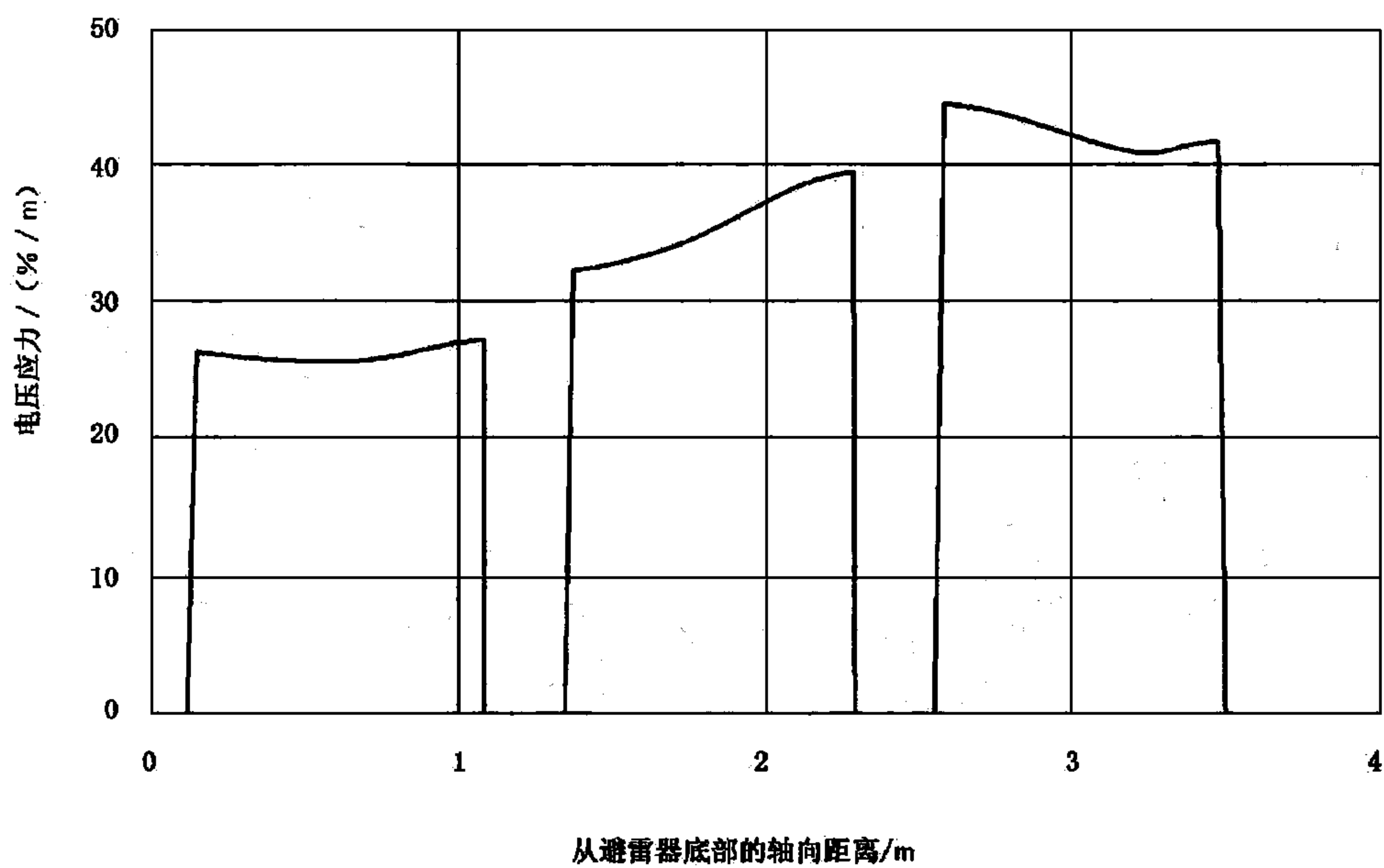


图 L.5 例 B 中计算所得沿电阻片柱的电压应力

附录 M
(规范性附录)
机械试验

M.1 弯矩试验

如果是多元件避雷器,每一个元件都应该按图 M.1 进行弯矩试验。要求的负荷按下面给出的方法计算。假如各个元件仅长度不同,而材料及设计都相同,则不必要对每一元件进行试验。

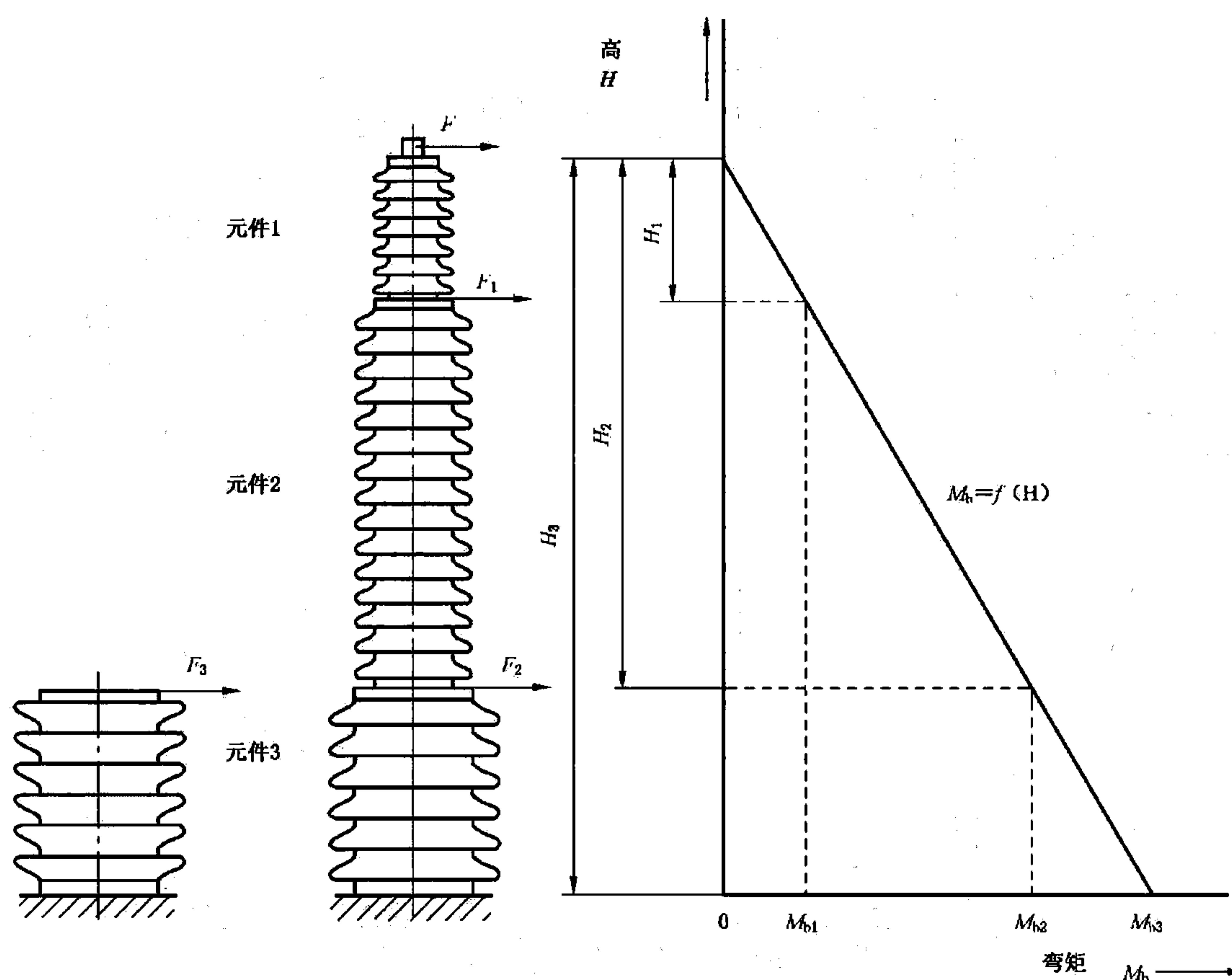


图 M.1 多元件避雷器的弯矩试验

对整支避雷器进行试验,作用于底部法兰的弯矩 $M_{b3} = F \times H_3$ 。

作用在底部元件的上部法兰上的弯矩 $M_{b2} = F \times H_2$ 。

如果对一个元件单独进行试验(例如元件3),对元件3底部法兰试验,试验施加力 F_2 如下:

$$F_2 \times (H_3 - H_2) = F \times H_3$$

$$F_2 = \frac{F \times H_3}{(H_3 - H_2)}$$

对元件3的上部法兰的试验应该在相反的位置对元件进行试验,对元件3的上部法兰进行试验的试验施加力 F_3 如下

$$F_3 \times (H_3 - H_2) = F \times H_2$$

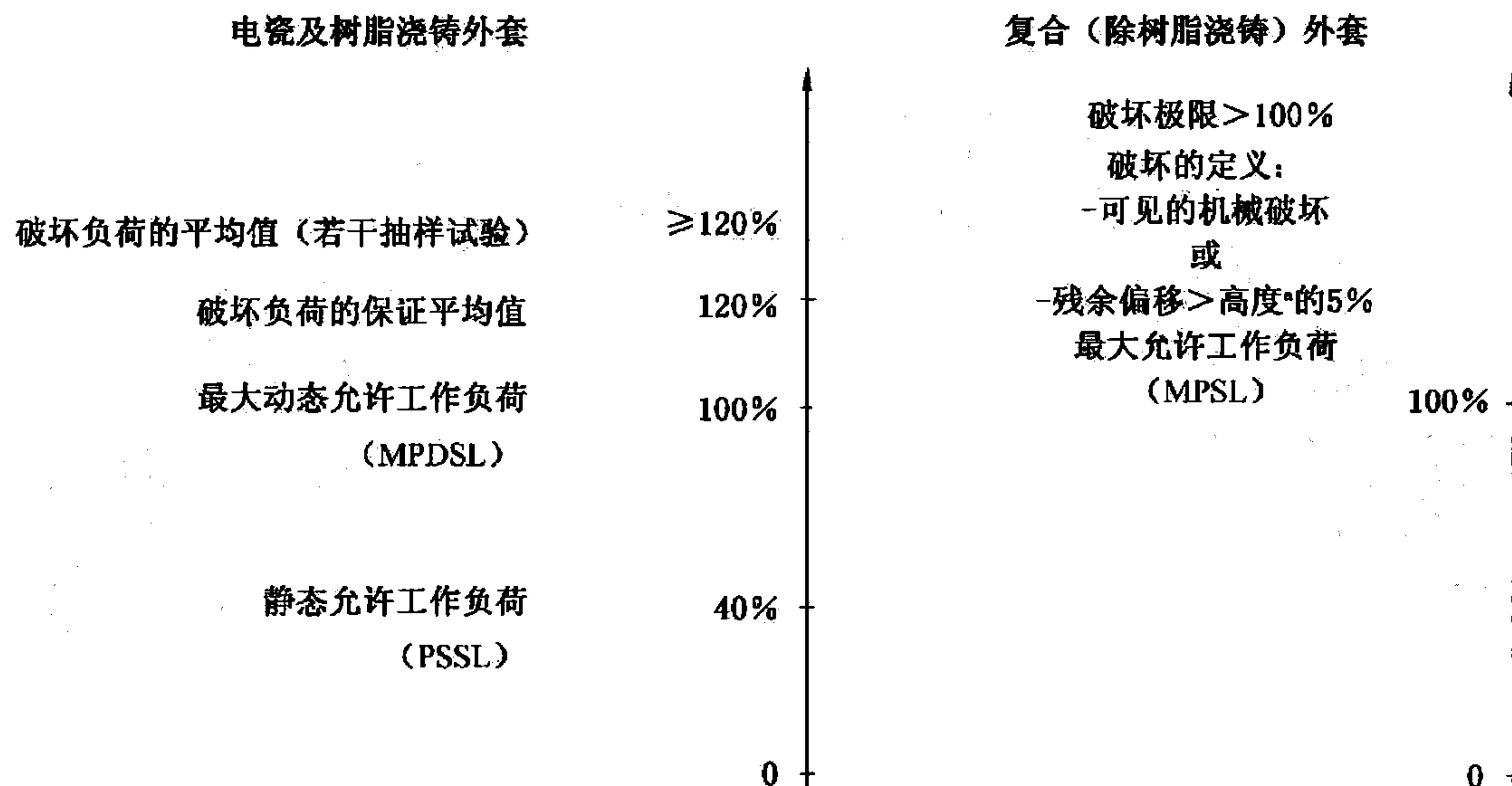
$$F_3 = \frac{F \times H_2}{(H_3 - H_2)}$$

M.2 地震试验

如果经供需双方达成协议,要进行地震试验,应该按照 IEC 61166:1993 进行。

- a) 参考电压测量;
- b) 内部局部放电试验;
- c) 密封试验。

M.3 机械负荷的定义



注:动态及静态工作负载规定与避雷器的设计有密切的关系,正在考虑之中。

* 见 8.9.4、10.8.9.2.3 和 10.8.9.3.3。

M.4 密封漏率的定义

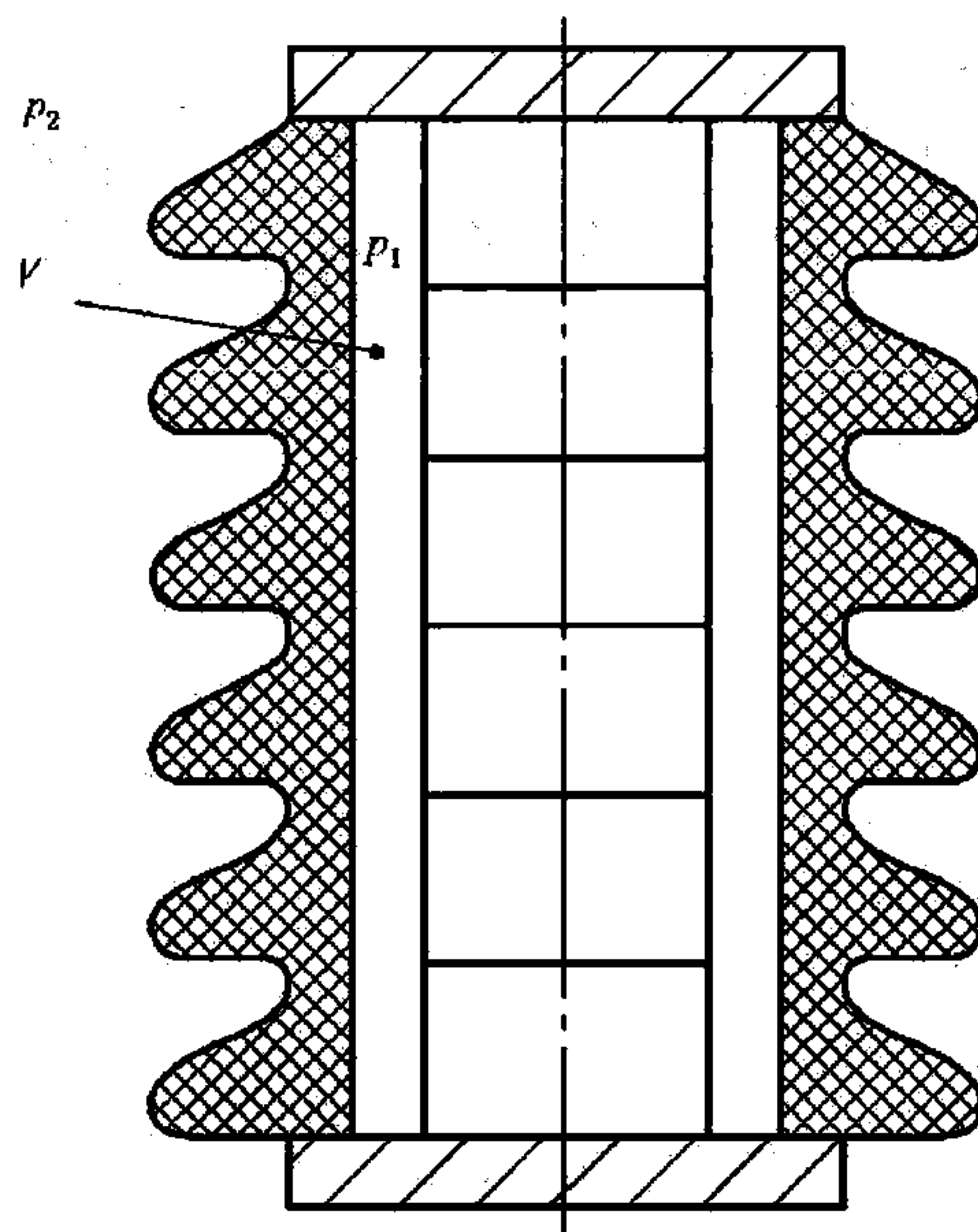


图 M.2 避雷器元件

漏率规定了至少在 70 kPa 的压差下,每单位时间内通过密封外套的气体体积。如果密封系统的效果与压力的方向有关,则应该考虑最坏的情况。

在 $|p_1 - p_2| \geq 70 \text{ kPa}$ 及温度为 $+20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 15 \text{ K}$ 下,漏率 $= \frac{\Delta p_1 \times V}{\Delta t}$ 。

式中:

$\Delta p_1 = p_1(t_2) - p_1(t_1)$;

$p_1(t)$ ——避雷器外套的内部压强(Pa)和时间的函数;

p_2 ——避雷器外部的压强(Pa);

t_1 ——选定的时间间隔的起始时间;

t_2 ——选定的时间间隔的结束时间;

$\Delta t = t_2 - t_1$;

V ——避雷器的内部气体体积(m^3)。

M.5 风弯矩的计算

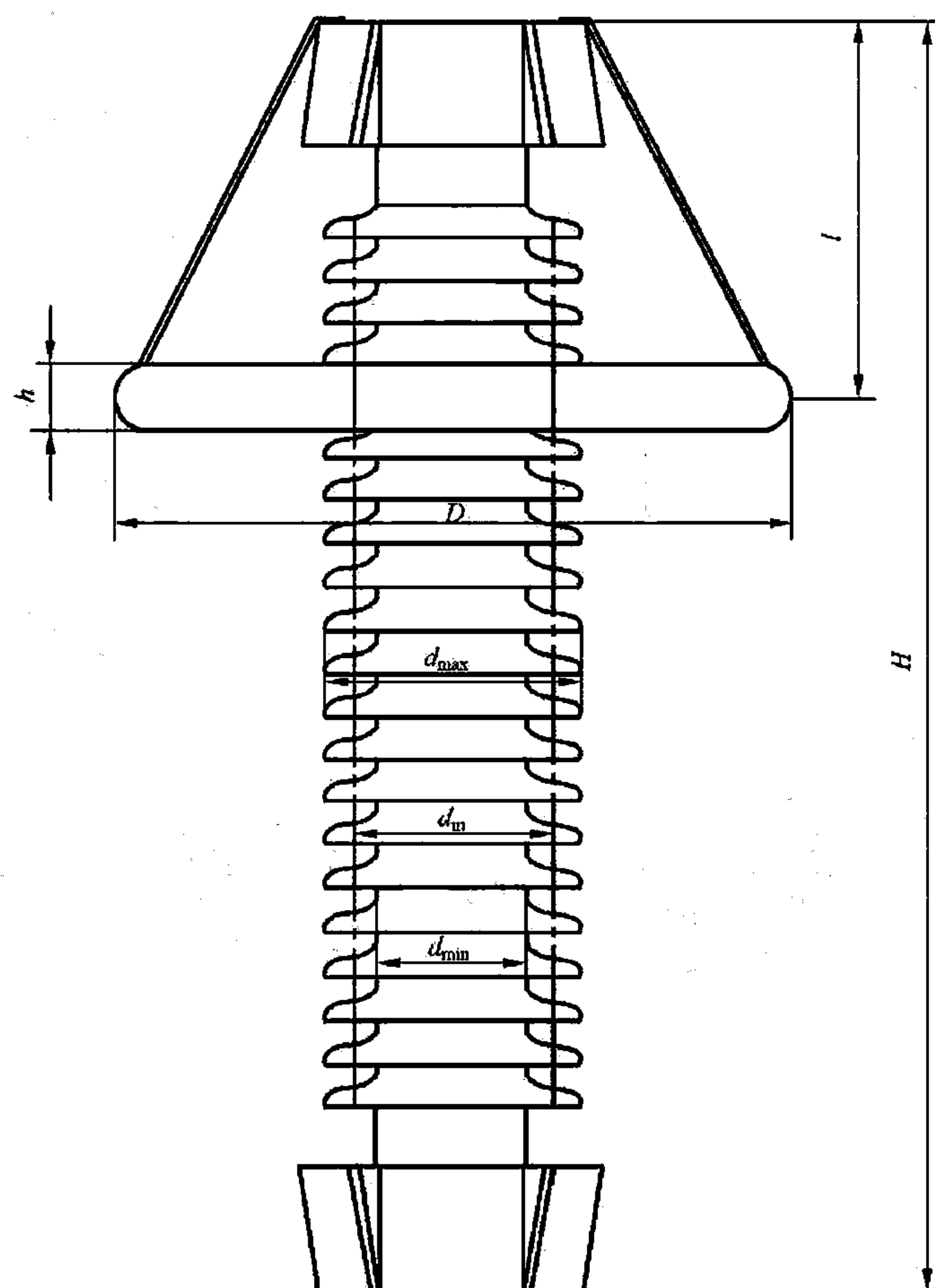


图 M.3 避雷器的尺寸

$$M_w = p \times H \times d_m \times C \times H/2 + p \times D \times h \times (H - l)$$

式中:

$p = (\rho_1/2) \times V^2$;

$$d_m = (d_{\max} + d_{\min}) / 2;$$

M_w ——由风造成的弯矩(Nm);

H ——避雷器的高度(m);

d_m ——外套直径的平均值(m);

h ——均压环的厚度(m);

D ——均压环的直径(m);

I ——均压环到顶部的距离(m);

C ——圆柱状零部件的拉力系数;等于 0.8;

p ——风的动态压力(N/m²);

p_1 ——在 1 013 bar 及 0 °C 时的空气密度,等于 1.29 kg/m³;

V ——风速(m/s)。

附录 N

(规范性附录)

确定雷电冲击放电能力的试验程序

N.1 总则

该试验程序适用于标称系统电压超过 35 kV 线路的线路避雷器,该避雷器可改善这些线路的雷电保护特性。通常,因雷电作用,这些避雷器承受由于雷击引起的能量和电流比安装在电站中且具有进线保护的避雷器要高。另外,预期电流波形作为决定性的因素,对于应用在有屏蔽线线路的避雷器,电流的持续时间为几十微秒,对于应用在没有屏蔽线线路的避雷器,电流的持续时间为几百微秒,这些波形明显不同于在动作负载试验和长持续电流冲击试验中规定的波形。

200 μ s 的波长已被认为是兼顾了典型应用和多重雷击效应。

因此,用于输电线路保护的避雷器,应用雷电冲击放电能力试验来验证避雷器的额定雷电冲击放电能力。

N.2 试品的选择

应对三只试品进行试验。这些试品应包括整只避雷器、避雷器比例单元或电阻片。除以评估为目的的必要试验外,这些试品未进行过任何试验。

雷电冲击放电能力试验所选择的试品,在标称电流下的残压应为制造商宣称的残压变化范围的最高值。而且,在多柱避雷器的情况下,应考虑不均匀电流分布的最高值。因此,应满足下列的要求:

- 整只避雷器的额定电压和避雷器比例单元的额定电压的比值定义为 n 。电阻片为试品时,其体积不能大于整只避雷器中所有电阻片最小体积除以 n 。
- 试验用比例单元的残压应等于 $k \cdot U_r / n$,这里 k 为避雷器在标称放电电流下的最高残压和它的额定电压之比。对于试验用试品,如果 $U_{res} > k \cdot U_r / n$,因数 n 应相对的减少。如果 $U_{res} < k \cdot U_r / n$,该试品不允许使用。
- 对于多柱避雷器,柱间的电流分布应根据电流分布试验要求在冲击电流下测量。对于每个试品,要确定任何柱的最高电流和平均电流的比值 K_a ,并且对比制造商规定的最高比值 K_m 。任意柱的最高电流的比值都不应高于由 K_m 给定的值。

N.3 试验程序

以评判试验结果为目的,试验前应测量试品在标称电流下的雷电冲击残压。

每次雷电冲击放电能力试验由 18 次放电冲击组成,共分为 6 组,每组 3 次,2 次冲击的间隔为 50 s~60 s,2 组之间的间隔时间应使试品冷却到接近环境温度。

18 次冲击后且试品冷却到环境温度,要重复进行试验前所测的残压试验,并与试验前残压值进行对比,该值的变化应不超过 5%。

试验后检查试品,金属氧化物电阻片不应有任何击穿、闪络、破碎或者明显损坏的痕迹。

如果由于设计原因电阻片不能直接观察,试品冷却到环境温度后应再施加一次冲击。如果试品耐受了这第 19 次冲击而没有损坏(通过示波器记录检查),该试品可认为通过了该试验。

注:由于雷电冲击在低电流区域可能改变,这方面通过现存的动作负载试验得到充分的考虑。

N.4 雷电冲击放电能力试验的试验参数

通过制造商选择的电流峰值,以获得特定的放电能量和电荷。该能量应不高于分类等级中的两次

线路放电的总能量(线路放电等级 2~5 级的避雷器),或者不高于由一次 4/10 μs ,100 kA 大电流冲击而产生的能量(线路放电等级 1 级的避雷器)。如果不是这类情况,增加能量以代替宣称的能量重复进行动作负载试验。

注:动作负载试验中增加的能量可通过增加电流(线路放电等级 2~5 的避雷器)或者通过增加冲击持续时间(线路放电等级 1 的避雷器)来获得。

电流冲击波形大致为正弦波。冲击电流的瞬时值大于电流冲击峰值 5% 的持续时间应在 200 μs ~230 μs 之间。

任何反极性电流的峰值应小于电流冲击峰值的 5%。

每个试品上每次冲击的电流峰值应在所选峰值的 100%~110% 之间。

N.5 雷电冲击放电能力试验期间的测量

应给出每次冲击的能量、电荷和峰值电流,同时给出冲击电流的瞬时值大于电流冲击峰值 5% 的持续时间。并且提供同一时基施加电压和电流波形的典型示波图和耗散能量。

N.6 额定雷电冲击放电能力

平均峰值电流、电荷和能量应从 18 次放电动作计算而得。平均能量除以试品的额定电压得到比能量。对于多柱避雷器,每个试品的峰值电流、电荷和能量应在确定平均值之前乘以因数 K_n/K_m 。

避雷器的额定雷电冲击放电能力如下:

- a) 3 只试品中任一最低平均峰值电流;
- b) 从附录 N.7 的列表而选择的能量值小于或者等于 3 只试品中的任一最低比能量;
- c) 从附录 N.8 的列表而选择的电荷量小于或者等于 3 只试品中的任一最低的平均电荷量。

N.7 额定比能量值列表

下列值作为标准的额定比能量值,其单位表示为 kJ/kV:1;1.5;2;2.5;3;3.5;4;4.5;5;6;7;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;19;20。

N.8 额定电荷量列表

下列值作为标准的额定电荷值,其单位表示为库伦:0.4;0.6;0.8;1;1.2;1.4;1.6;1.8;2;2.4;2.8;3.2;3.6;4;4.4;4.8;5.2;5.6;6;6.4;6.8;7.2;7.6;8;8.4;8.8;9.2;9.6;10。

附 录 O
(资料性附录)
人工污秽试验方法

O.1 污秽等级划分

表 O.1 典型环境举例

I——轻	大气轻度污染地区,工业区和人口低密集区,离海岸盐场 10 km~50 km 地区。在污闪季节中干燥少雾(含毛毛雨)或雨量较多时
II——中等	大气中等污染地区,轻盐碱和炉烟污秽地区,离海岸盐场 3 km~10 km 地区,在污闪季节中潮湿多雾(含毛毛雨)但雨量较少时
III——重	大气污染较严重地区,重雾和重盐碱地区,离海岸盐场 1 km~3 km 地区,工业与人口密度较大地区,离化学污染源和炉烟污秽 300 m~1 500 m 的较严重污秽地区
IV——特重	大气特别严重污染地区,离海岸盐场 1 km 以内,离化学污染源和炉烟污秽 300 m 以内的地区

O.2 试验**O.2.1 总则**

本试验是验证避雷器在污秽条件下的耐电能力,检验的主要内容是绝缘耐受能力和热稳定性能。试验应在整只避雷器上进行。同一种设计的避雷器,可只作额定电压最高的避雷器。

O.2.2 试验电源

试验电源的电压波形应近似为正弦波,频率为 48 Hz~62 Hz。试验电压指其峰值除以 $\sqrt{2}$ 。试验电源容量应满足:试品在规定的电压下在泄漏电流波动时(除偶有不连续外),半周波电压降不超过规定值的 5%。试品在发生闪络前的一周波电压不低于开路电压的 90%。

注:如达不到上述要求,试品发生闪络时实际额定短路电流应不小于 10 A(有效值)。

O.2.3 污液

污秽悬液由 40 g 高岭土、1 000 g 水和适量的盐组成,或由 100 g 硅藻土、10 g 高度分散的二氧化硅(粒度 2 μm ~20 μm),1 000 g 水和适量的盐组成。III 级重污秽地区,试验用盐密度为 0.03 mg/cm²($\pm 15\%$)。IV 级特重污秽地区,试验用盐密由供需双方协商。

O.2.4 试品

避雷器应是清洁干燥的,其安装方式应模拟实际运行情况。避雷器的热稳定性能可通过监测避雷器中电阻片温度、漏电流阻性分量或功率损耗来判断。

O.2.5 试验程序

O.2.5.1 在冲净干燥后的避雷器上喷涂污层后 3 min 内施加电压。

O.2.5.2 首先快速均匀地向避雷器施加规定的电压 E_1 (避雷器持续运行电压),持续 1 min 后迅速上升到电压 E_2 (避雷器额定电压的 90%),持续 2 s 后迅速降低到 E_1 ,这样构成一个循环试验。电压改变时要迅速,但不应产生任何暂态过电压施加到避雷器上。

O.2.5.3 按附录 O.2.5.2 反复进行 8 次循环作为一个系列试验。

O.2.5.4 一个系列试验后停止试验,并将外套表面冲净、干燥,然后施加新的污层。

O.2.5.5 上述系列试验进行4次。第4次系列试验后,在避雷器上施加电压 E_1 ,持续30 min。在加压期间内,应监测温度、阻性电流或功耗。在最后加压30 min期间内当被监测值逐渐减小或趋于稳定时,则认为热稳定。

O.3 试验评价

如果避雷器热稳定,并且在试验期间内没有发生外部闪络,并经检查证实电阻片没有发生闪络或损坏时,则认为试验合格。

附 录 P
(资料性附录)
包装、运输及保管

P.1 包装

避雷器的包装必须保证在运输中,不因包装不良而使产品损坏。复合外套避雷器的包装应符合 JB/T 9673—1999 的规定,在包装箱上应标明:

- a) 制造厂名、产品名称及型号;
- b) 发货单位、收货单位及详细地址;
- c) 产品净重、毛重、体积等;
- d) “小心轻放”、“向上”、“防潮”等字样和标记,字样和标记应符合 GB/T 191—2000 的要求。

P.2 随产品提供的技术文件

- a) 包装清单;
- b) 产品出厂合格证明书;
- c) 安装、使用说明书(每组避雷器附 1 份)。

P.3 运输和保管

整只产品或分别运输的部件和包装,都要适用运输、装卸的要求。如果产品对运输、装卸和保管有其他特殊要求时,制造厂应在包装箱上明确标志。

复合外套避雷器在运输时严禁与酸碱等腐蚀性物品放在同一车厢内运输。保管时不应与酸碱等腐蚀性物品放在同一库房中。

附录 Q
(资料性附录)

本标准与 IEC 60099-4:2006 的主要技术差异及其原因

本标准与 IEC 60099-4:2006 的主要技术差异及其原因见表 Q.1。

表 Q.1 本标准与 IEC 60099-4:2006 的主要技术差异及其原因

本标准 章节编号	技术性差异	原因简述
3.34.2	增加定义:避雷器的直流参考电流	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
3.35.2	增加定义:避雷器的直流参考电压	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
3.71	增加定义:0.75 倍直流参考电压下漏电流	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
3.72	增加定义:定期试验	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
3.73	增加定义:抽样试验	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
4.1	增加要求:直流 1 mA 参考电压	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
4.2	在表 1 中避雷器分类中,增加备注	在遵循 IEC 60099-4:2006 表 1 分类原则的前提下,根据我国产品和电网实际情况,在表 1 中增加备注,在备注中按产品用途列出避雷器分类
5.4.1	在正常运行条件中,将“风速 ≤ 34 m/s”提高到“风速 ≤ 35 m/s”,增加“地震烈度Ⅶ度及以下地区和覆冰厚度不大于 20 mm”要求	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
6.1	在 6.1 中规定:避雷器外套的绝缘耐受按 GB 311.1—1997 中对高压电器外绝缘的规定进行绝缘耐受试验,GB 311.1—1997 中未规定的,按 IEC 60099-4:2006 的要求对避雷器外套进行绝缘耐受试验。 增加:表 3 低压避雷器外套绝缘耐受电压	GB 311.1—1997 中高压电器外绝缘的要求高于 IEC 60099-4:2006 对避雷器外绝缘的要求,根据我国产品能力和电网要求,对 IEC 60099-4:2006 的 6.1 进行调整。同时将低压避雷器外套绝缘耐受电压列出
6.2.2	增加要求:避雷器的直流参考电压	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
6.3	增加要求:避雷器在陡波、雷电、操作冲击电流下残压值应不大于附录 J 的规定	保留 GB 11032—2000 的规定。根据我国产品能力和电力系统的绝缘配合要求,明确规定避雷器在陡波、雷电、操作冲击电流下残压,可以规范产品的制造和应用

表 Q.1 (续)

本标准 章条编号	技术性差异	原因简述
6.6	增加规定:电流分布最大不均匀系数不大于 1.10	根据产品制造和应用要求而规定
6.8	通过线路放电试验验证长持续时间电流耐受能力的避雷器增加 5 000 A 等级。 通过方波电流冲击试验验证长持续时间耐受能力的避雷器增加 1 500 A 和 10 000 A 等级	根据产品制造和应用现状,提高要求
6.9	大电流冲击动作负载试验增加了无线路放电等级要求的 5 000 A 及 10 000 A 等级避雷器,将 10 000 A 线路放电 1 级避雷器归类到操作冲击动作负载试验。 操作冲击动作负载试验增加了有线路等级要求 5 000 A 避雷器、10 000 A 线路放电 1 级避雷器和并联补偿电容器用避雷器	根据产品制造和应用现状,提高要求
6.10	在注 2 中加入经供需双方同意,该曲线也可以通过计算建立。 在工频电压耐受时间特性应按附录 D 所示程序进行验证中取消了如果经供需双方同意进行工频电压耐受时间特性验证	工频电压耐受时间特性试验应通过试验验证,通过计算建立的曲线与实际有偏差
6.11	增加要求:额定电压 42 kV 及以上避雷器和保护发电机用避雷器应具有压力释放装置	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
6.12.2	增加要求:对中性点非有效接地系统,脱离器按照 8.6.3 的要求,在 100 mA、1A、20 A 三种工频电流值下,确定脱离器的动作时间	根据产品制造和应用现状而规定
6.13	增加要求:避雷器附件根据制造厂设计和用户要求,可包括均压元件、监测元件等,应满足避雷器规定性能要求	IEC 60099-4:2006 没有要求内容,根据我国制造和应用现状而增加要求
6.14.1	增加要求:在 $2.5(F_1 + F_2/2)$ 下述机械负荷共同作用下耐受 10 s 而不损坏,并可靠运行。增加了 F_1 和 F_2 的具体要求	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
6.15	避雷器额定电压 77 kV 改为 84 kV 及以上	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
6.17	标称系统电压超过 52 kV 改为 35 kV 及以上	我国 35 kV 线路已经安装线路避雷器,需要考核
6.18	增加要求:避雷器的持续电流	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
6.19	增加要求:0.75 倍直流参考电压下漏电流	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
6.20	增加要求:大电流冲击耐受	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状

表 Q.1 (续)

本标准 章条编号	技术性差异	原因简述
6.21	增加要求:避雷器的耐污秽性能	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
6.22	增加要求:避雷器的包装、运输和保管	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状
7.2	将 IEC 60099-4:2006 的 7.2 参考电压测量改为本标准的 8.15 要求,将 IEC 60099-4:2006 的 7.3 试验样品改为本标准的 7.2 要求	参考电压测量已在本标准的 8.15 要求
8.1	增加要求:新产品投产前进行型式试验。当设计或工艺有所变更对产品性能有影响时,必须对有关项目进行试验	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状
8.1	表 5 中增加了型式试验项目:爬电比距检查、工频参考电压试验、直流参考电压试验、0.75 倍直流参考电压下漏电流、持续电流试验、工频电压耐受时间特性试验、多柱避雷器电流分布试验、雷电冲击放电能力试验	IEC 60099-4:2006 在型式试验项目中没有要求,根据我国制造和应用现状,特增加的试验项目
8.2.1	增加要求:避雷器外套的绝缘耐受试验应在整只避雷器外套上进行	整只避雷器外套绝缘耐受试验严于避雷器元件外套试验
8.2.2	增加要求:经供需双方协商,可在避雷器元件外套上试验	整只避雷器外套绝缘耐受试验严于避雷器元件外套试验
8.2.7	将避雷器额定电压 200 kV 及以上改为 288 kV 及以上	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状
8.3	增加要求:例行试验时,雷电冲击残压允许用单个电阻片雷电冲击残压算术和代之	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状
8.3.1	将 h 定义为避雷器端子间减去电阻片高度的长度	避雷器的电阻片在陡波冲击电流下已经呈现感性特性,残压测量时已经包含电感效应,故应将电阻片的高度减去
8.3.2	增加要求:例行试验时,试验可在整只避雷器、组装好的元件或包括一个或几个电阻片的试品上进行。制造厂要在 0.01 倍~2 倍标称电流范围内确定一适当的雷电冲击电流,残压将在该电流下测定。如果不能直接测量整体残压,可以把电阻片的残压之和或单个避雷器元件的残压之和视作整只避雷器的残压。整只避雷器的残压值不能高于规定值	将 IEC 60099-4:2006 的 9.1b) 的要求加入到本标准的 8.3.2 中,保证标准的系统性
8.3.3	表 6 增加相关避雷器的操作冲击电流要求	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状

表 Q.1 (续)

本标准 章条编号	技术性差异	原因简述
8.4.2	表7增加注3:对于10 kA等级无线路放电等级要求的避雷器,长持续电流耐受值由供需双方协商确定	IEC 60099-4:2006 没有要求,根据我国制造和应用现状,特增加要求
8.4.3	表8增加相关避雷器长持续电流耐受值要求	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状,该要求严于 IEC 60099-4:2006 要求
8.5.4	大电流冲击动作负载试验增加了无线路放电等级要求的5 000 A及10 000 A等级避雷器,将10 000 A线路放电1级避雷器归类到操作冲击动作负载试验	根据产品制造和应用现状,提高要求,与6.9保持一致,该要求严于 IEC 60099-4:2006 要求
8.5.4.2	表10增加20 kA等级避雷器耐受100 kA要求	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状,该要求严于 IEC 60099-4:2006 要求
8.5.5	操作冲击动作负载试验增加了有线路等级要求5 000 A避雷器、10 000 A线路放电1级避雷器和并联补偿电容器用避雷器	根据产品制造和应用现状,提高要求,与6.9保持一致,该要求严于 IEC 60099-4:2006 要求
8.6.3.1	增加要求:对中性点非有效接地系统,电流为100 mA、1 A和20 A工频电流有效值 $\pm 10\%$	根据产品制造和应用现状而规定
8.8	增加要求:型式试验应在整只避雷器上进行,并按实际运行情况安装。 增加例行试验要求	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状,该要求严于 IEC 60099-4:2006 要求 将 IEC 60099-4:2006 的9.1c)的要求加入到本标准的8.8中,保证标准的系统性
8.9.1	增加要求:避雷器应能承受住顶端最大允许水平拉力与风压力折算到顶端的集中作用力之和的2.5倍的负荷而不破坏。具体试验方法应符合 GB/T 775.3—2006 的规定	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状
8.11.3	增加要求:生产商可以采用任何灵敏方法测量避雷器整个密封系统的密封泄漏率。试验时建议采用氮质谱检漏仪检漏法(漏气率要求小于 $6.65 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{L/s}$)、抽气浸泡法、热水浸泡法进行试验,具体试验方法可按 JB/T 7618—1994 进行。 漏气率要求小于 $6.65 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{L/s}$	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状,该要求严于 IEC 60099-4:2006 要求
8.11.4	漏气率要求小于 $6.65 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{L/s}$	保留 GB 11032—2000 的相关规定,适应国内产品制造和应用现状,该要求严于 IEC 60099-4:2006 要求

表 Q.1 (续)

本标准 章条编号	技术性差异	原因简述
8.12	将避雷器额定电压 77 kV 及以上改为 84 kV 及以上; 型式试验应在整只避雷器上进行,并应按实际运行情况安装	我国没有避雷器额定电压 77 kV 等级,故改为 84 kV; 整只避雷器试验较为严格且符合实际应用,特规定
8.13	增加要求:经供需双方同意,可按附录 O 进行	附录 O 的要求严于附录 F
8.14	增加持续电流试验要求	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状,与 6.18 保持对应
8.15	增加工频参考电压试验要求	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状,与 6.2.1 保持对应,并将 IEC 60099-4:2006 的 7.2 并入该条款
8.16	增加直流参考电压试验要求	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状,与 6.2.2 保持对应
8.17	增加 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验要求	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状,与 6.17 保持对应
8.18	增加多柱避雷器电流分布试验要求	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状,与 6.6 保持对应,并将 IEC 60099-4:2006 的 9.1e) 并入该条款
8.19	增加大电流冲击耐受试验要求	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
9	增加定期试验和抽样试验	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
9.1	例行试验项目增加持续电流试验、直流参考电压试验、0.75 倍直流参考电压下漏电流试验	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
9.3	增加定期试验要求	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
9.4	增加抽样试验要求	保留 GB 11032—2000 的规定,适应国内产品制造和应用现状
10.6.1	增加避雷器的机械性能要求,规定了弯曲负荷和拉伸负荷要求	根据我国产品制造和应用现状而规定
10.6.2	增加避雷器负荷外套外观要求	根据我国产品制造和应用现状而规定
10.6.3	增加避雷器气候老化试验要求	根据我国产品制造和应用现状而规定
10.6.4	增加湿气浸入试验要求	根据我国产品制造和应用现状而规定
10.8.1	增加表 17 避雷器型式试验项目	根据我国产品制造和应用现状而规定,便于产品考核

表 Q.1 (续)

本标准 章条编号	技术性差异	原因简述
10.8.5.3	表 18 中增加 20 000 A 等级避雷器耐受 100 kA 要求	根据我国产品制造和应用现状而规定
10.8.15	增加拉伸负荷试验要求	根据我国产品制造和应用现状而规定拉伸负荷试验方法
10.8.16	增加避雷器复合外套外观检查	根据我国产品制造和应用现状而规定避雷器复合外套外观检查方法
10.8.17	增加避雷器复合外套最小公称爬电比距检查	根据我国产品制造和应用现状而规定避雷器复合外套最小公称爬电比距检查方法
10.9	增加例行试验、验收试验、定期试验和抽样试验要求,规定了试验的项目和试品的数量	根据我国产品制造和应用现状而规定,便于产品考核和验收
11.3	增加定义:绝缘气体的额定密度、绝缘气体的最小运行密度、绝对漏气率、允许漏气率、相对漏气率	根据我国产品制造和应用现状而增加的定义,便于产品考核和验收
11.6.1	要求:避雷器的内绝缘耐受性能符合 GB 311.1—1997 中对高压电器绝缘的规定,经供需双方协商,内部的绝缘耐受电压按 IEC 60099-4:2006 选取	我国的绝缘配合以 GB 311.1—1997 为准,GB 311.1—1997 中对高压电器绝缘的规定严于 IEC 60099-4:2006 的要求
11.6.2	增加避雷器的密封要求	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
11.6.3	在 GIS 避雷器外壳的要求中加入外壳设计、外壳强度试验、破坏压力试验、非破坏性压力试验、外壳检验、加装防爆膜的要求、认证书的要求	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
11.6.4	增加要求:避雷器内部绝缘气体的额定密度和最小运行密度	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
11.6.5	增加要求:避雷器中绝缘气体的要求	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
11.6.6	增加要求:避雷器的局部放电特性	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
11.6.7	增加要求:避雷器的运输振动性能	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
11.8.1	型式试验列表 24,并增加相关要求	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
11.8.6	增加直流参考电压试验要求	便于产品考核和验收
11.8.9	增加密封性能试验方法要求	便于产品考核和验收
11.8.10	增加外壳强度试验方法要求	便于产品考核和验收
11.8.11	增加运输试验方法要求	便于产品考核和验收

表 Q.1 (续)

本标准 章条编号	技术性差异	原因简述
11.8.12	增加 SF ₆ 气体水分检测要求	便于产品考核和验收
11.8.13	增加 0.75 倍直流参考电压下漏电流试验方法要求	便于产品考核和验收
11.9	增加验收试验、定期试验和抽样试验,在例行试验中增加相关试验项目	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
12.8.1	型式试验列表 26,规定试验依据、试验方法和试品数量	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
12.8.2.1	增加规定:对中性点有效接地系统,其绝缘耐受试验值应符合表 27 的要求。对中性点非有效接地系统,其绝缘耐受试验值应符合 GB 311.1—1997 的规定	我国的绝缘配合以 GB 311.1—1997 为基础,该产品用在 35 kV 级以下系统,我国该系统基本为中性点非有效接地系统,故此规定
12.8.2.2	增加规定:对中性点有效接地系统,其绝缘耐受试验值应符合表 27 或表 28 的要求。对中性点非有效接地系统,其绝缘耐受试验值应符合 GB 311.1—1997 的规定	我国的绝缘配合以 GB 311.1—1997 为基础,该产品用在 35 kV 级以下系统,我国该系统基本为中性点非有效接地系统,故此规定
12.8.5.2.1	删除 IEC 60099-4:2006 的注 2	注 2 内容不适用于该类避雷器
12.8.8	增加要求:经供需双方协商,可以规定避雷器的局部放电量或局部放电电压熄灭水平	适应我国绝缘配合和使用情况
12.9	增加验收试验、定期试验和抽样试验	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
13.8.1	型式试验项目列表 31,规定了试验依据、试验方法和试品数量	根据我国产品现状而要求,便于产品考核和验收
13.8.3.1	删除 IEC 60099-4:2006 的注 2	注 2 内容不适用于该类避雷器
13.9	增加验收试验、定期试验和抽样试验	根据我国产品制造和应用现状而增加的要求,便于产品考核和验收
附录 J	改为规范性附录,增加表 J.3~表 J.10	根据我国产品制造和应用现状而规定,便于产品考核和验收
附录 O	增加附录:人工污秽试验方法(资料性附录)	指导污秽试验
附录 P	增加附录:包装、运输及保管(资料性附录)	根据我国产品制造和应用现状而规定,指导产品包装、运输及保管

附 录 R
(资料性附录)

本标准与 IEC 60099-4:2006 的章条编号对照

本标准与 IEC 60099-4:2006 的章条编号对照见表 R.1。

表 R.1 本标准与 IEC 60099-4:2006 的章条编号对照

本标准章条编号	IEC 60099-4:2006 的章条编号
1	1
2	2
3	3
3.1~3.70	3.1~3.70
3.71~3.73	—
4	4
5	5
6	6
6.1~6.17	6.1~6.17
6.18~6.22	—
7	7
7.1	7.1
—	7.2
7.2	7.3
8	8
8.1~8.12	8.1~8.12
8.13~8.19	—
9	9
9.1~9.2	9.1~9.2
9.3~9.4	—
10	10
10.1~10.5	10.1~10.5
10.6	10.6
10.6.1~10.6.4	—
10.7	10.7
11.8	11.8
10.8.1~10.8.14	10.8.1~10.8.14

表 R. 1 (续)

本标准章条编号	IEC 60099-4:2006 的章条编号
10. 8. 15~10. 8. 17	—
10. 9	—
11	11
11. 1~11. 2	11. 1~11. 2
11. 3	11. 3
11. 3. 1~11. 3. 5	—
11. 4~11. 5	11. 4~11. 5
11. 6	11. 6
11. 6. 1	11. 6. 1
11. 6. 2	—
11. 6. 3	11. 6. 11
11. 6. 4~11. 6. 7	—
11. 7	11. 7
11. 8	11. 8
11. 8. 1~11. 8. 5	11. 8. 1~11. 8. 5
11. 8. 6	—
11. 8. 7~11. 8. 8	11. 8. 7~11. 8. 8
11. 8. 9~11. 8. 13	—
11. 9	11. 9
11. 9. 1~11. 9. 4	—
11. 10	11. 10
12	12
12. 1~12. 4	12. 1~12. 4
12. 5	12. 5
12. 5. 1	12. 5. 4
12. 6	12. 6
12. 6. 1	12. 6. 11
12. 7~12. 9	12. 7~12. 9
13	13
13. 1~13. 4	13. 1~13. 4
13. 5	13. 5
13. 5. 1	13. 5. 4

表 R. 1 (续)

本标准章条编号	IEC 60099-4:2006 的章条编号
13.6	13.6
13.6.1	13.6.11
13.7	13.7
13.8	13.8
13.8.1~13.8.2	13.8.1~13.8.2
13.8.3	13.8.5
13.8.4	13.8.7
13.9	13.9
附录 A~附录 N	附录 A~附录 N
附录 O~附录 R	—

中华人民共和国
国家标准
交流无间隙金属氧化物避雷器
GB 11032—2010

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 9.25 字数 265 千字

2010年11月第一版 2010年11月第一次印刷

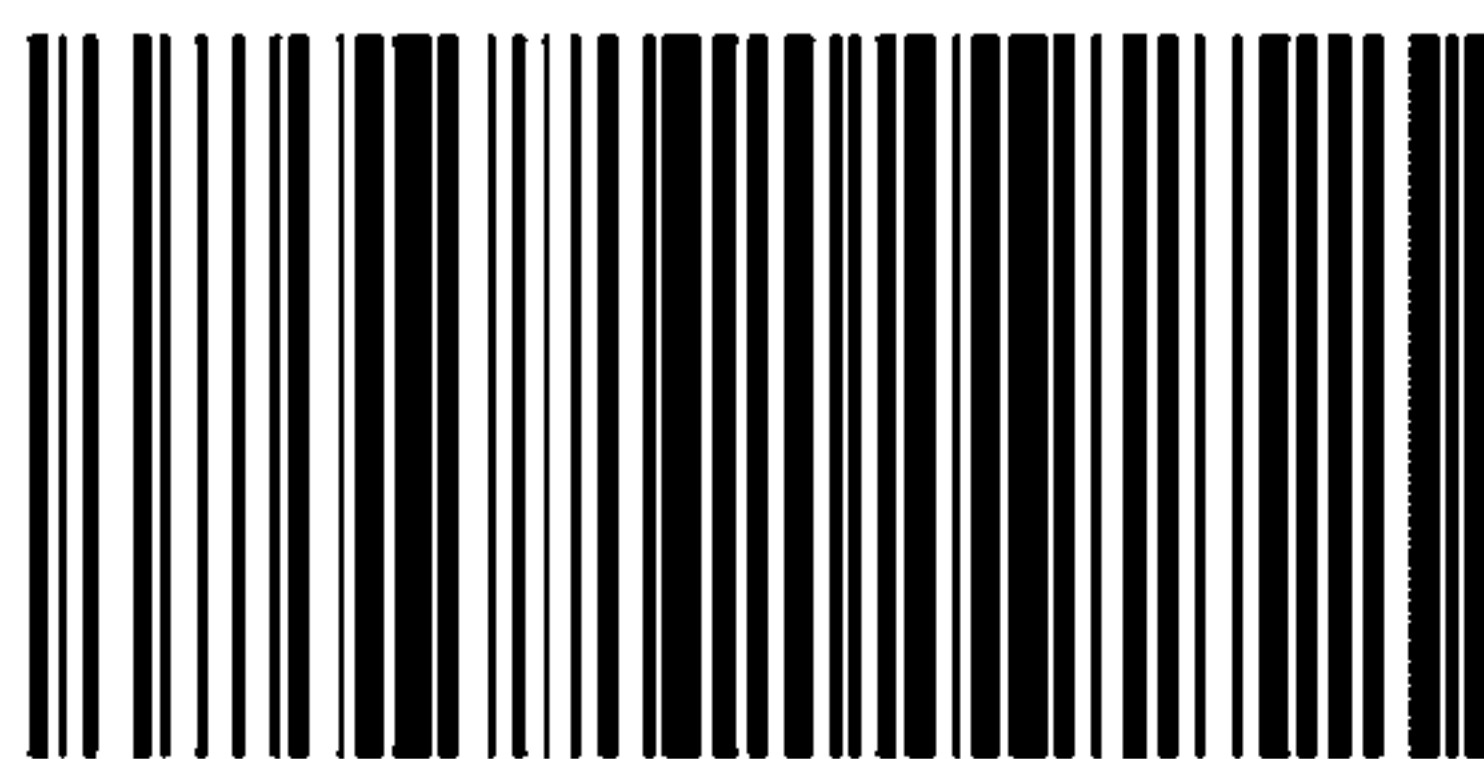
*

书号:155066·1-40424

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB 11032-2010